БИБЛИОТЕЧКА СВАРЩИКА

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ МАСТЕРСТВО

РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ (TIG/WIG)





Издательство "СОУЭЛО"

УДК 621.791.754,264

ЮХИН Николай Александрович

РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ (TIG/WIG)

Под общей редакцией докт. техн. наук **О.И. Стеклова** -

Рецензент - сварщик 6-го разряда **И.В. Лобиков**

Редактор **А.О. Ключарев**

Художник **В.П. Гасилин**

Компьютерная верстка - **А.В. Цылев**

Корректор **И.Н. Басова**

В иллюстрированном пособии изложены принципы и особенности ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в среде защитных газов. Содержатся данные о сварочных материалах и оборудовании. Приведены рекомендации по технике и технологии сварки сталей, сплавов и цветных металлов. Использованы материалы Института сварки России

Москва, Яузский б-р 13, стр.3
Тел (495) 644-43-26
http://www.souelo.ru
Формат 62х94/16 Объем 1,5 п.л.
Отпечатано в А/О "Машмир"
Тираж 1500 экз. Заказ 1775

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- *Дуговая сварка неплавящимся электродом* - дуговая сварка, выполняемая не расплавляющимся при сварке электродом.
- *Дуговая сварка в защитных* газах* - дуговая сварка, при которой дуга и расплавляемый металл (иногда и остывающий шов) находятся в защитном газе, подаваемом в зону сварки горелкой.
- *Аргонодуговая сварка* - дуговая сварка, при которой в качестве защитного газа используется аргон.
- *Сварка в контролируемой атмосфере* - сварка, осуществляемая в камере, заполненной определенным газом.
- *Горелка для дуговой сварки в защитных газах* - устройство, фиксирующее электрод и подводящее электрический ток к электроду и газ в зону дуги.
- *Неплавящийся электрод* - стержень из электропроводящего материала, включаемый в сварочную цепь для подвода тока к сварочной дуге и не расплавляющийся в процессе сварки.
- *Присадочная проволока* - сварочная проволока, используемая как присадочный материал и не являющаяся электродом.
- *Свариваемость* - способность металлов образовывать качественное сварное соединение, удовлетворяющее эксплуатационным требованиям.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ



TIG/WIG - дуговая сварка вольфрамовым электродом (W-электродом) в среде инертного газа (способ ТИГ);
TIG-DC - способ ТИГ на постоянном токе;
TIG-AC - способ ТИГ на переменном токе;
TIG-DC/AC - ТИГ на постоянном и переменном токах;



TIG pulser - способ ТИГ пульсирующим током;



TIG HF - способ ТИГ с системой бесконтактного возбуждения дуги высоковольтным и высокочастотным разрядом;



TIG contact - способ ТИГ с контактным возбуждением дуги касанием об изделие.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Сварка углеродистых, конструкционных и нержавеющих сталей, алюминия и его сплавов, титана, никеля, меди, латуней, кремнистых бронз, а также разнородных металлов и сплавов; наплавка одних металлов на другие. Способ широко применяется в химической, теплоэнергетической, нефтеперерабатывающей, авиационно-космической, пищевой, автомобилестроительной и других отраслях промышленности.

---

* Если защитным газом служит инертный газ (аргон, гелий или их смеси), то процесс называется «дуговая сварка в инертных газах» (т.е. газах, не вступающих в химические реакции и практически не растворяемых в металлах).

СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА

Кромки свариваемого изделия и присадочного металла расплавляются дугой, горящей между неплавящимся электродом и изделием. Дуга, сварочная ванна, торец присадочной проволоки и кристаллизующийся шов защищены от воздействия воздуха газом, подаваемым в зону сварки горелкой.



КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ РУЧНОЙ СВАРКИ

- **По способу зажигания дуги**
  - Касанием об изделие
  - На выводных планках
  - С применением осциллятора
- **По виду потока защитного газа**
  - При ламинарном потоке
  - В газовой камере
- **По виду защитного газа**
  - В аргоне
  - В гелии
  - В азоте
  - В смеси газов
- **По виду дугового разряда**
  - Непрерывно горящей дугой
  - Импульсно-дуговая
  - Сжатой дугой
- **По техническим признакам**
  - Погруженной дугой
  - Проникающей дугой
  - Несколькими W-электродами

ПРЕИМУЩЕСТВА

- Минимальный нагрев основного металла
- Надежная защита расплавленного металла от окружающего воздуха
- Высокая тепловая мощность дуги, а значит скорость и производительность сварки
- Возможность наблюдения за процессом
- Простота техники сварки
- Возможность сварки трудносвариваемых металлов и сплавов, в том числе и разнородных
- Возможность полной механизации и автоматизации процесса

НЕДОСТАТКИ

- Вероятность нарушения газовой защиты при работе на открытом воздухе и на сквозняке
- Сильное ультрафиолетовое излучение (особенно при использовании гелия)
- Необходимость охлаждения при сварке высокоамперной дугой

ЗАЩИТНЫЕ ГАЗЫ

Аргон - наиболее часто применяемый инертный газ. Тяжелее воздуха и не образует с ним взрывчатых смесей. Выпускается (ГОСТ 10157-79) двух сортов: высшего и первого. Высший рекомендуется для сварки ответственных металлоконструкций из активных и редких металлов и сплавов, цветных металлов. Аргон первого сорта применяют для сварки сталей и чистого алюминия.

Гелий - значительно легче воздуха и аргона. Выпускается (ГОСТ 20461-75) двух сортов: высокой чистоты и технический. Используется реже, чем аргон, из-за дефицитности и высокой стоимости. Однако, при одном и том же значении тока дуга в гелии выделяет в 1,5-2 раза больше энергии, чем в аргоне. Это способствует более глубокому проплавлению металла и значительно повышает скорость сварки.

Смесь аргона и гелия - оптимальный состав содержит 35-40% аргона и 60-65% гелия. Так в полной мере реализуются преимущества обоих газов: аргон обеспечивает стабильность дуги, гелий - высокую степень проплавления.

Азот - используется только для сварки меди. Выпускается (ГОСТ 9293-74*) четырех сортов: высшего, 1, 2, и 3-го.

ЭЛЕКТРОДЫ

Наиболее распространены электроды (ГОСТ 23949-80) марок:

ЭВЧ - чистый вольфрам

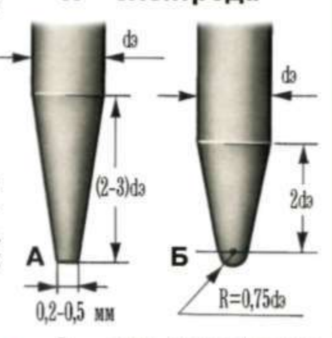
ЭВЛ - вольфрам с окисью лантана (1,1-1,4%)

ЭВИ - вольфрам с окисью иттрия (1,5-3,5%)

ЭВТ - вольфрам с окисью тория (1,5-2%)

Диаметр электрода выбирают в зависимости от марки вольфрама, величины и рода сварочного тока. Электроды ЭВЧ используют для сварки на переменном токе, а прочие для сварки на переменном и постоянном токах прямой и обратной полярности.

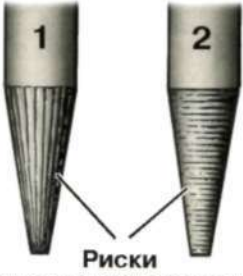
Заточка W - электрода



А - для сварки на постоянном токе
Б - на переменном

Максимальный ток (А) для W-электродов разных марок

Диаметр электрода, мм	Постоянный ток, полярность						Переменный ток		
	Прямая			Обратная					
	ЭВЛ	ЭВИ	ЭВТ	ЭВЛ	ЭВИ	ЭВТ	ЭВЧ	ЭВЛ	ЭВИ
2	80	180	120	20	25	25	—	—	—
3	230	380	300	35	50	30	—	—	180
4	500	620	590	60	70	60	180	170	220
5	720	920	810	—	—	70	—	210	270
6	900	1500	1000	100	120	110	250	250	340
8	—	—	—	150	180	160	360	380	480
10	—	—	—	190	250	220	450	520	650



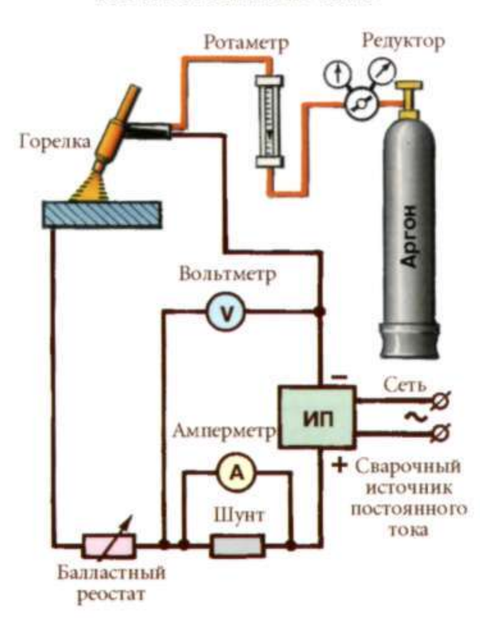
Риски от заточного камня
1 - правильно
2 - неправильно

ОРГАНИЗАЦИЯ СВАРОЧНОГО ПОСТА

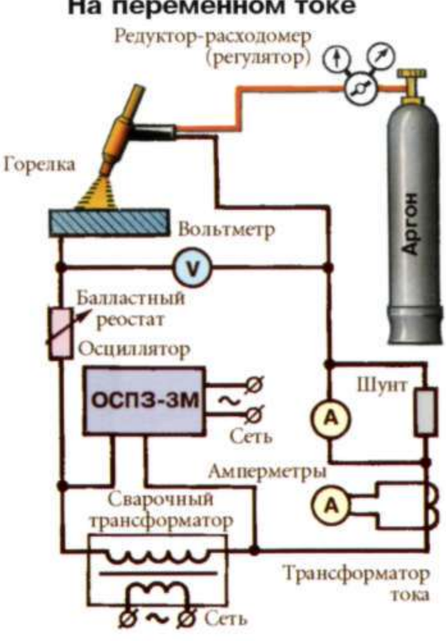
ПРИ СВАРКЕ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ используют любой источник постоянного тока: сварочный преобразователь, выпрямитель, сварочный агрегат, инверторный источник или специальные источники и установки. Балластный реостат в сварочной цепи формирует крутопадающую характеристику и дискретно регулирует режим сварки. При сварке от специальных источников питания реостат не нужен. В состав поста входит и газовое оборудование: баллон с газом, редуктор, ротаметр (определяющий расход газа), газовые рукава. Есть регуляторы расхода газа, объединяющие в себе редуктор и ротаметр.

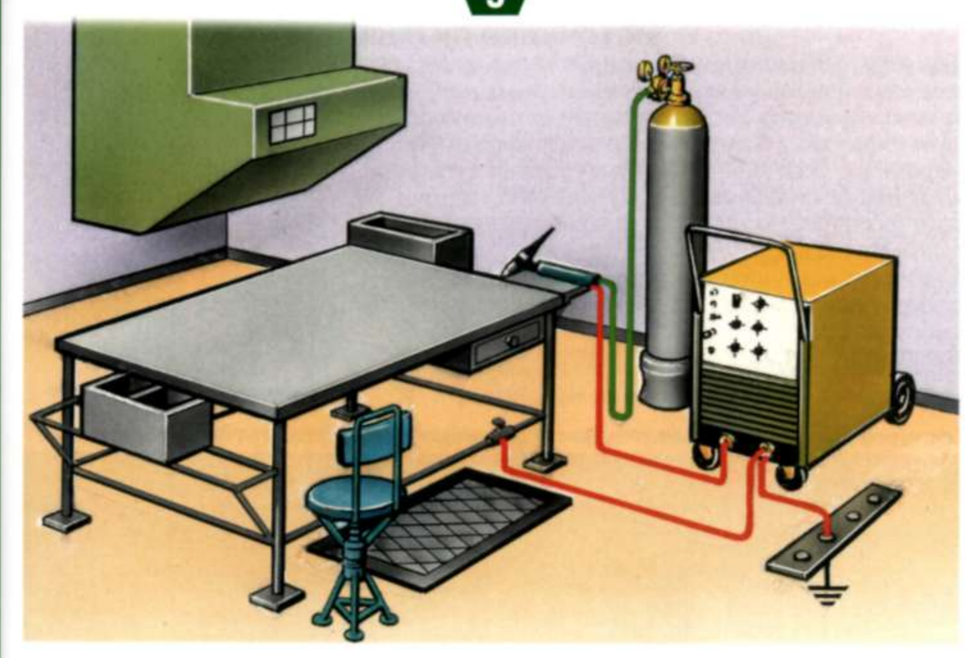
ПРИ СВАРКЕ НА ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ применяют сварочный трансформатор. Желательно, чтобы он имел высокое напряжение холостого хода (70-80 В). При высоких дуговых напряжениях, например, при сварке в гелии или при малых токах, напряжение холостого хода достигает 120 В. Тогда для большей безопасности применяют ограничители напряжения холостого хода. Для стабилизации горения дуги на переменном токе служит осциллятор. Удаление окиси алюминия происходит в момент, когда свариваемое изделие становится катодом и положительные ионы инертного газа с высокой энергией разрушают поверхностный слой (процесс «катодного распыления»). Осциллятор может быть использован и при сварке на постоянном токе для бесконтактного зажигания дуги, когда не допускаются ожоги металла. В связи с большим различием напряжений дуг прямой и обратной полярности возникает так называемая постоянная составляющая тока, которая отрицательно влияет на сварочный процесс. При использовании источников переменного тока для компенсации постоянной составляющей тока применяют балластные реостаты.

На постоянном токе

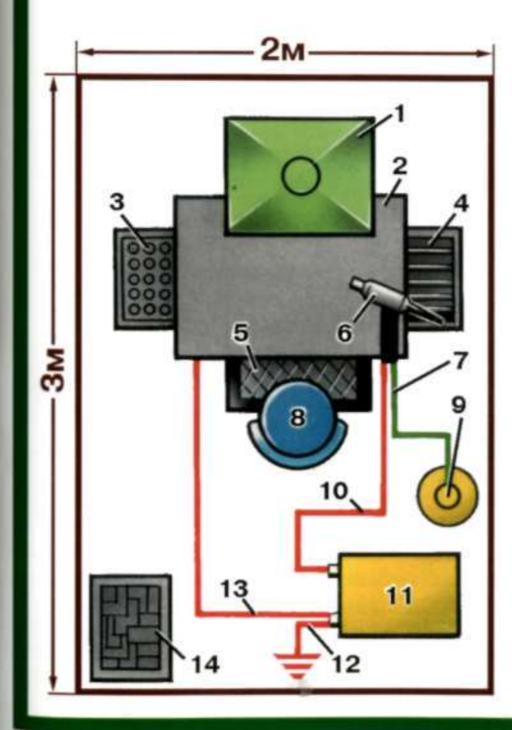


На переменном токе





ПЛАНИРОВКА СВАРОЧНОЙ КАБИНЫ

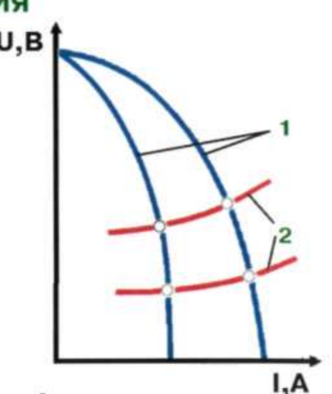


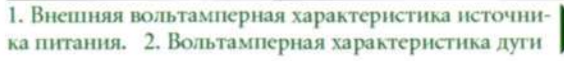
Оборудование размещают в соответствии с требованиями безопасности работ. Полезная площадь кабины должна быть не менее 3 м^2, высота стен - не менее 2 м, зазор между стенками и полом - 5 см. Сварочный пост снабжают вентиляционной установкой для отсоса газов, аэрозолей и т.д., а также ограждают металлическими щитами или шторами из материала с огнестойкой пропиткой.

1- вентиляция
2- рабочий стол
3- ящик для электродов
4- ящик для деталей
5- диэлектрический коврик
6- горелка
7- газовый рукав
8- стул
9- газовый баллон
10- прямой провод
11- источник питания дуги
12- заземление
13- обратный провод
14- ящик для отходов

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Основная особенность источников питания при ручной сварке W-электродом в защитных газах - наличие крутопадающей внешней статической характеристики. Она обеспечивает стабильность сварочного тока при изменениях длины дуги и устойчивость процесса сварки. Используют источники питания с высоким напряжением холостого хода, в 4-6 раз превышающим напряжение на дуге. В качестве источников переменного тока могут применяться трансформаторы для ручной дуговой сварки.




1. Внешняя вольтамперная характеристика источника питания. 2. Вольтамперная характеристика дуги

Технические характеристики сварочных трансформаторов

Марка	Номинальный сварочный ток, А	Продолжительность нагрузки (ПН), %	Диапазон регулирования сварочного тока, А	Потребляемая мощность, кВА	Габариты, мм	Масса, кг
Напряжение питающей сети 220 В						
ТДМ-163	160	20	50-150	7	335x190x220	15
ТДМ-171	170	20	80-200	5	310x235x430	19
ТДМ-168	160	20	50-175	5,3	198x325x380	31
ТДМ-209	200	40	18-200	10	386x225x415	40
ТДМ-121	125	15	50-125	7,5	185x270x430	25
ТДМ-180	180	20	45-180	13,5	360x360x430	55
Напряжение питающей сети 380 В						
ТДМ-2510	250	60	50-250	15	460x520x920	100
ТДМ-401Э	400	60	70-460	28	585x555x850	140
ТДМ-300	320	60	80-320	18	375x390x590	70
ТДМ-504	500	40	90-500	35	520x590x810	150
ТДМ-301	300	40	90-320	19	470x350x350	75
ТДМ-403	400	60	50-400	38	650x550x750	150

Глубина проплавления весьма чувствительна к колебаниям тока при изменениях напряжения питающей сети. Степень стабилизации тока должна быть не менее 5 %. Источники питания должны обладать широким диапазоном регулирования сварочного тока, так как при заварке кратера необходимо плавное снижение тока в 2,5-3 раза. Поэтому источники со ступенчатым или механическим регулированием тока малоэффективны. Все источники для этого вида сварки содержат специальное устройство для заварки кратера. В специальных установках (типа УПС), кроме того, обеспечивается плавное нарастание сварочного тока в начале сварки, что исключает разрушение и перенос в шов частиц электрода из-за бросков тока при зажигании дуги касанием об изделие



В качестве источников постоянного тока можно использовать универсальные сварочные выпрямители ВДУ. Они работают с принудительным воздушным охлаждением, имеют крутопадающие внешние статистические характеристики, обеспечивают плавное дистанционное регулирование режима сварки, стабилизацию сварочного тока при колебаниях напряжения в питающей сети.
Источники сварочного тока современных установок поддерживают режимы сварки импульсной дугой. Время импульса и паузы изменяется от 0,01 до 1-3 с, а глубина модуля- - в 10-12 раз

Технические характеристики сварочных выпрямителей

Марка	Сварочный ток, А		Напряжение, В		КПД	Габариты, мм	Масса, кг
	номинальный ПН=60%	пределы регулирования	номинальное	холостого хода			
ВДУ-504	500	70-500	45	72-76	82	1275x816x940	385
ВДУ-505	500	50-500	22-46	85	84	800x700x920	300
ВДУ-506	500	50-500	22-46	85	-	820x620x1100	310
ВСВУ-160	160	5-180	30	100	-	520x700x1195	240
ВСВУ-315	315	8-350	30	100/200	-	520x700x1195	360
ВСВУ-630	630	10-700	30	100/200	-	520x850x1250	480
ТИР-300 Д	300	10-300	30	65	75	1230x620x1000	480
ТИР-315	315	20-315	30	65	75	1230x620x1000	320

Источники серии ВСВУ служат для ручной и автоматической сварки. Они обеспечивают работу в непрерывном и импульсном режимах; автоматическое, плавное и регулируемое нарастание тока в начале процесса сварки - от минимального значения до заданного; плавное регулирование тока дежурной дуги в импульсном режиме от 2 до 3% номинального сварочного тока; модулирование формы импульса от прямоугольной до треугольной; плавное снижение тока при заварке кратера; стабилизацию режима сварки в пределах 2,5% при изменениях напряжения сети до 10% . Напряжение холостого хода имеет два значения: 100 В для сварки в аргоне и 200 В в гелии. Для бесконтактного возбуждения дуги в приборах ВСВУ установлен осциллятор последовательного включения.
Специализированный источник ТИР-300Д предназначен для сварки в среде аргона постоянным или переменным током прямоугольной формы. Аппарат пригоден для сварки любых металлов. Регулирование сварочного тока - ступенчато-плавное. Сварочная дуга обладает высокой стабильностью горения как в установившемся, так и в переходных режимах. При возбуждении дуги касанием об изделие или при помощи осциллятора ток дуги плавно увеличивается с 5 А до указанной величины за 0,4 с. При гашении дуги ток снижается по линейному закону, обеспечивая заварку кратера

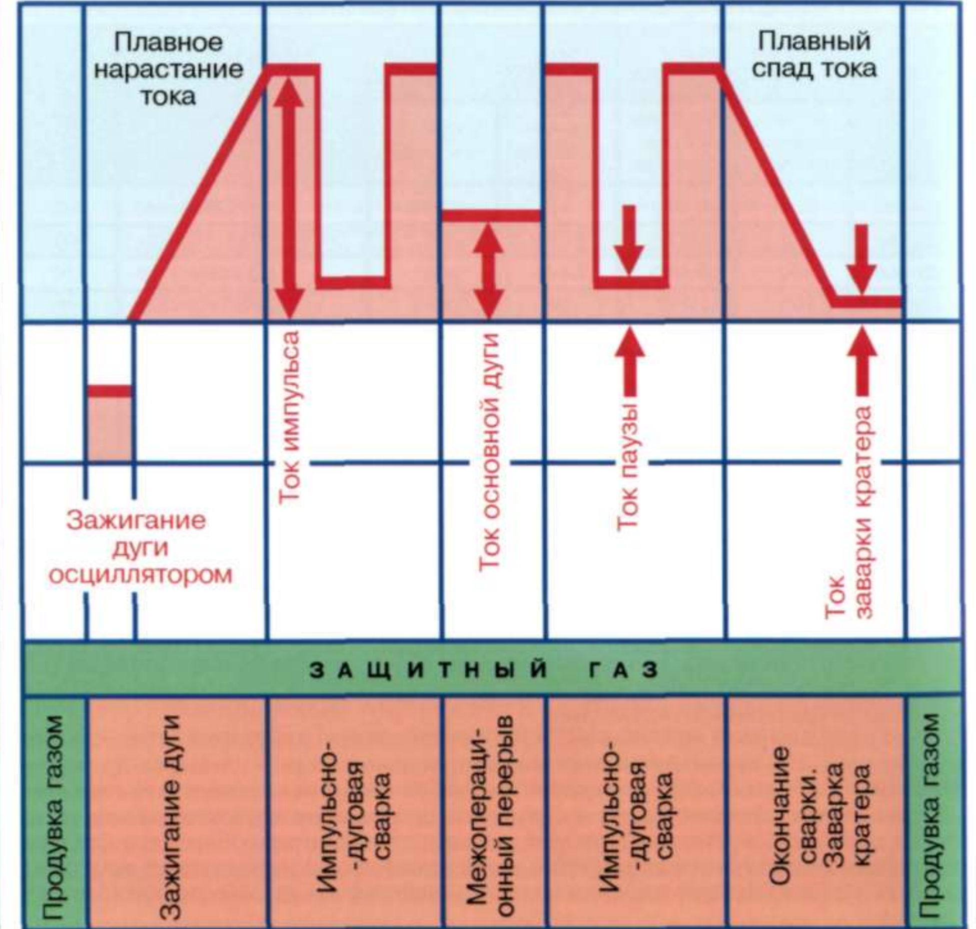
Эффективны ИНВЕРТОРНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДУГИ отечественного производства.

Источник ДС 200 А.3 предназначен для сварки в непрерывном и импульсном режимах сталей, цветных металлов и их сплавов. Он обеспечивает режим контактного и бесконтактного зажигания дуги на малом токе; регулируемое время нарастания и спада тока после окончания сварки, а также регулировку тока зажигания. Предусмотрен продув газа перед началом сварки и обдув сварочной ванны после окончания.

Плавные нарастания и спад сварочного тока позволяют получить качественный шов. Пульсирующий режим предназначен для управления процессами тепловложения и кристаллизации сварочной ванны.

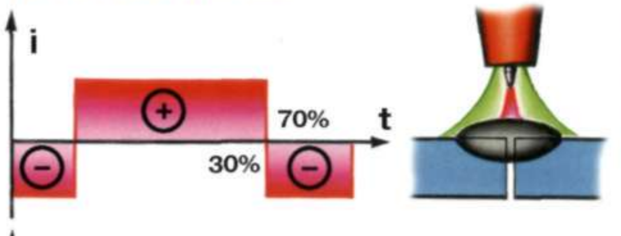
ЦИКЛОГРАММА ПРОЦЕССА ИМПУЛЬСНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ



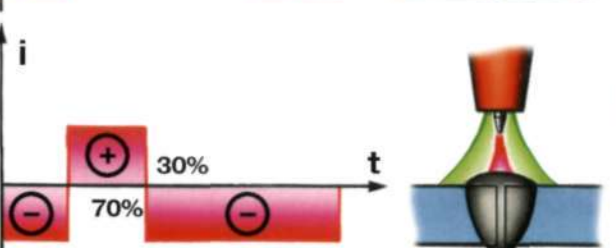


Источник ДС 200 АУ.3 служит для сварки не только сталей и цветных металлов, но и алюминия и его сплавов. Для этого предусмотрен режим работы на переменном токе с регулировкой амплитуды, частоты и доли сварочного тока положительного и отрицательного импульсов. Это позволяет повысить очищающую способность сварочной дуги, необходимую для разрушения окисной пленки. Источник также обеспечивает режим контактного и бесконтактного зажигания дуги, плавное нарастание и уменьшение тока в начале и при окончании сварки, продувку газом перед началом сварки и обдув сварочной ванны после сварки.

Влияние соотношений длительности импульсов тока на качество шва



При преобладании положительного импульса достигается лучшая очистка алюминиевых деталей от окисной пленки

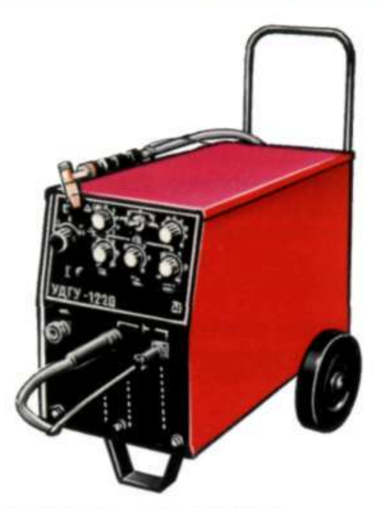


При преобладании отрицательного импульса достигается максимальная глубина проплавления

Технические характеристики инверторных источников питания

Марка	Напряжение сети, В	Диапазон регулирования, В	Напряжение холостого хода, В	ПН,%	КПД	Габариты, мм	Масса, кг
"Адонис"-3	1x220	35-160	86	60	85	155x330x520	17
"Фора"-160 Пр	1x220	40-160	100	60	88	410x180x290	10
"Фора"-200 Пр	3x380	70-250	100	40	88	410x180x290	12
ВДУЧ-16	1x220	30-160	86	80	86	280x600x365	23
ВДУЧ-200	3x380	30-200	86	80	86	280x600x365	27
ДС 200 А.3	3x380	5-200	60	60	89	500x220x430	25
ДС 200 АУ.3	3x380	10-200	DC-60, AC-80	60	89	510x240x430	30
ФЕБ-200 М	1x220	40-200	55	-	85	215x350x500	23
ФЕБ-350 М	3x380	40-350	60	60	85	300x440x690	45

Специализированные установки снабжены автоматическими системами управления сварочными режимами и коммутационной аппаратурой. Установка УДГ-161 предназначена для сварки коррозионностойких сталей постоянным током. Защитный газ подается за 1-2 с до начала сварки и прекращается через 10 с после ее окончания. Дистанционный пульт управления позволяет с расстояния до 10 м регулировать режим сварки, изменять время заварки кратера, управлять газовым клапаном и встроенным осциллятором. Установка УДГ-501-1 предназначена для сварки переменным током алюминия и его сплавов. У этого аппарата две ступени плавного регулирования сварочного тока. Время заварки кратера от 0 до 30 с, после чего ток автоматически отключается



Технические характеристики специализированных установок

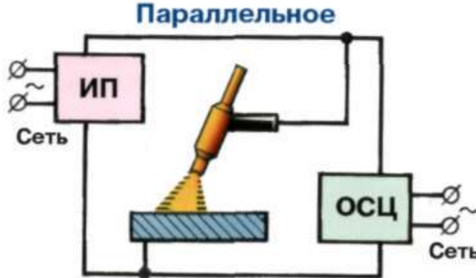
Марка	Номинальный сварочный ток, А	ПН, %	Режим работы	Диапазон регулирования тока, А	Потребляемая мощность, кВА	Габариты, мм установки / возбудителя	Масса, кг установки / возбудителя
Напряжение питающей сети 220 В							
УДГ-82	75	20	DC	8-80	7	550x292x394 / 463x292x210	50 / 10
УДГ-121	125	20	AC	20-125	10	500x292x394 / 463x292x210	50 / 10
УДГУ-1220	125	20	AC / DC	20-125 / 20-125	10	490x292x394 / 463x292x210	52 / 10
УДГ-161	150	35	DC	5-150	8	360x360x930	60
УДГ-180	170	20	AC	40-170	13,5	360x380x960	60
Напряжение питающей сети 380 В							
УДГУ-302	315	60	DC	10-135	25	800x700x900	250
УДГ-501-1	500	60	AC	40-500	40	700x685x885	300
УДГ-251-1	250	35	DC / AC	5-250 / 5-275	21	370x800x730	120
УДГ-350	315	60	DC	12-315	7,5	650x450x1000	50
УДГУ-501	500	60	AC	25-525	35	650x450x1000	140

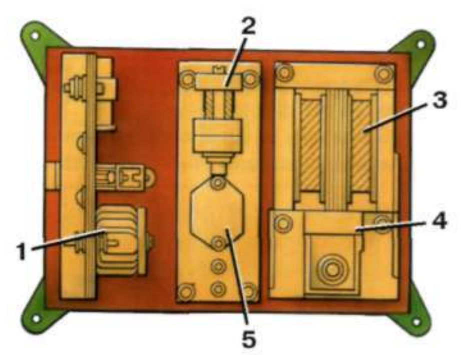
ОСЦИЛЛЯТОР

Предназначен для бесконтактного зажигания дуги, поддержания устойчивого процесса дугового разряда при сварке на переменном токе. Принцип его действия заключается в пробивании дугового промежутка высоковольтным (до 3-8 кВ) и высокочастотным (до 300 кГц) электрическим разрядом. Осциллятор состоит из повышающего трансформатора и колебательного контура. По схеме подключения осцилляторы подразделяются на устройства последовательного и параллельного соединения

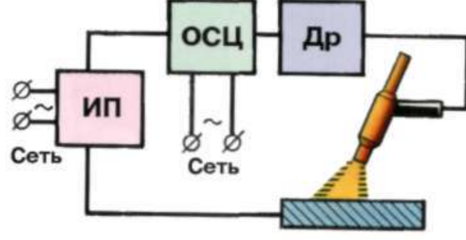


Параллельное





Последовательное



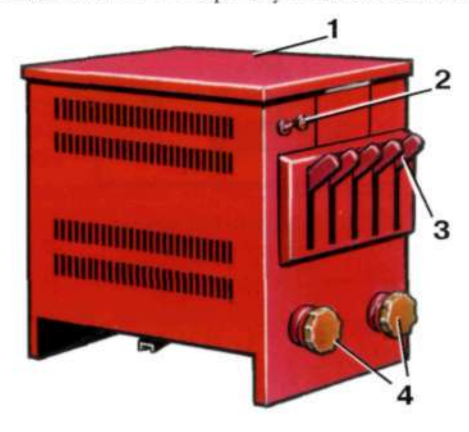
1 - высокочастотный трансформатор
2 - разрядник
3 - повышающий трансформатор
4 - дроссель
5 - конденсатор

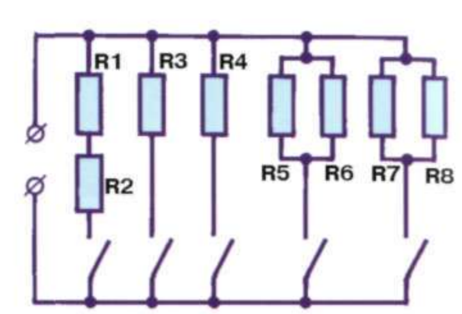
Технические характеристики осцилляторов

Марка	Напряжение, В питающей сети	Напряжение, В холостого хода	Номинальная мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ОСПЗ-2М-1	220	8000	0,02	250x176x110	4
ОСПЗ-300М	220	5000	0,04	290x225x150	7
ОСПЗ-2М	220	6000	0,044	250x170x110	6
ОСЦВ-2	220	2300	0,08	300x215x236	10
М3	65,40	2500	0,08	350x240x290	15
ОС1	65	2500	0,13	315x215x260	15

БАЛЛАСТНЫЙ РЕОСТАТ

Служит для формирования крутопадающей характеристики источника питания, ступенчатого регулирования сварочного тока и компенсации постоянной составляющей сварочного тока при работе от трансформатора. Состоит из набора нихромовых лент или проволок, соединенных параллельно в электрическую схему. Каждая секция подключается к работе рубильником. Балластные реостаты позволяют дискретно, подбором нужного числа работающих секций, выбрать оптимальный режим сварки и регулировать его через 5-10 А. Эти устройства подключают в сварочную цепь последовательно источнику.





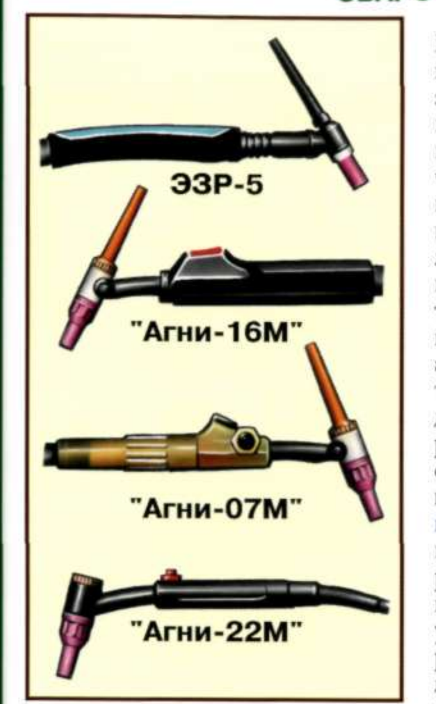
1. Корпус
2. Тумблеры диапазонов
3. Рубильники секций сопротивления
4. Клеммы для сварочного кабеля

Некоторые балластные реостаты при токе 225 А могут перегреваться, поэтому необходимо включать в цепь дуги два или более реостатов последовательно. Если ток меньше, сопротивление балластных реостатов следует увеличить. При сварке на переменном токе алюминия регулировать режим балластным рестатом допустимо лишь в незначительных пределах (до 20%), так как полностью компенсировать постоянную составляющую тока не удается. Полная же компенсация достигается в специальных устройствах типа УДАР, УДГ, УДГУ, где постоянную составляющую гасят специальные батареи конденсаторов.

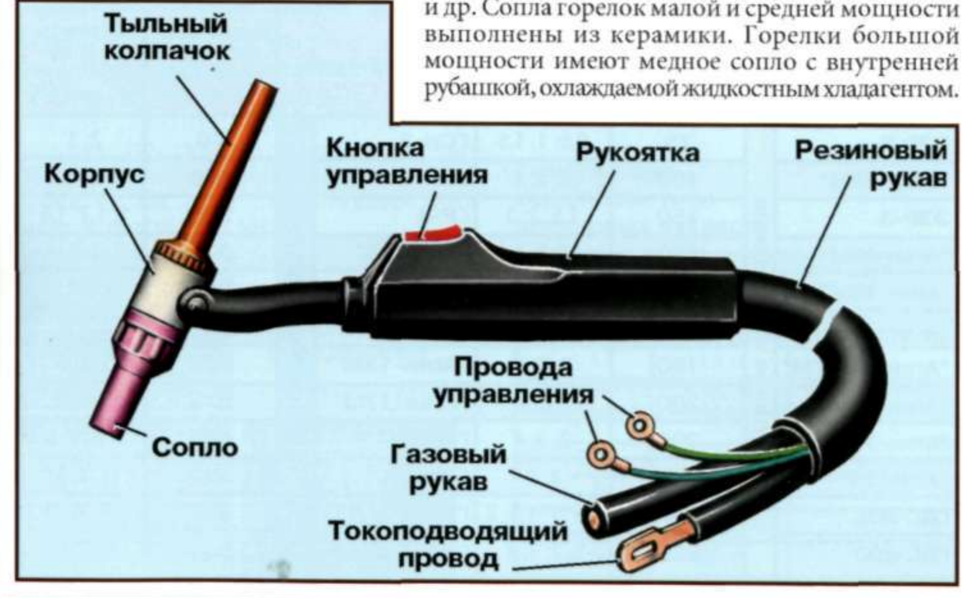
Технические характеристики балластных реостатов

Марка	Сварочный ток, А		Габариты, мм	Масса, кг
	номинальный	пределы регулирования		
РБ-201	200	10-200	550x355x635	30
РБ-300	300	10-300	550x370x700	38
РБ-301	300	10-300	580x410x635	35
РБ-302	315	10-315	560x490x370	27
РБ-306	315	6-315	625x370x494	26
РБ-501	500	10-500	580x465x635	40

СВАРОЧНЫЕ ГОРЕЛКИ



Ручная горелка для дуговой сварки в защитных газах служит для жесткого фиксирования W-электрода в определенном положении, подвода к нему электрического тока, подачи защитного газа в зону сварки и охлаждения токоведущих частей воздухом или водой. Горелки для сварки в монтажных условиях и при пониженных температурах имеют естественное воздушное охлаждение и рассчитаны на ток до 150 А. При необходимости сварки на больших (до 500 А) токах используют горелки с водяным охлаждением, а при отрицательных температурах с антифризными жидкостями. Головка горелки типа «Агни» может поворачиваться вокруг продольной оси рукоятки на угол ± 180°. У некоторых моделей головка поворачивается относительно поперечной оси на угол 110° в удобное положение. Горелки с уменьшенной высотой головки предназначены для сварки в стесненных условиях. Пост сварки комплектуется горелкой с вентилем на рукоятке для регулирования подачи защитного газа. В специальных установках используют горелки с встроенной в рукоятку кнопкой или клавишей для управления подачей газа, включением систем бесконтактного зажигания, плавного нарастания тока и др. Сопла горелок малой и средней мощности выполнены из керамики. Горелки большой мощности имеют медное сопло с внутренней рубашкой, охлаждаемой жидкостным хладагентом.



СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ ГОРЕЛКИ

W-электрод · Сопло · Цанга · Корпус · Тыльный колпачок

Горелка с уменьшенной высотой головки

Сопло · Цанга · Тыльный колпачок

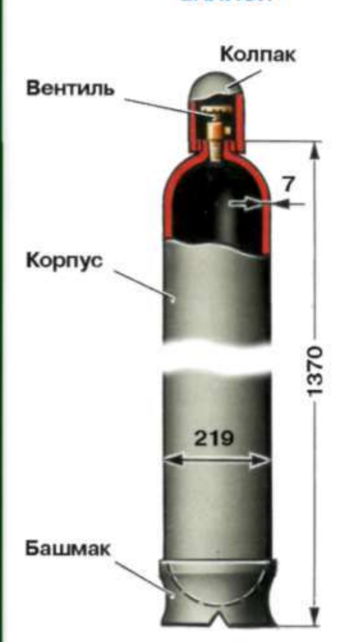
Для закрепления W-электрода откручивают тыльный колпачок, освобождая цангу. В зависимости от диаметра электрода подбирают цангу нужного размера. Вставив электрод в цангу, а цангу в корпус, фиксируют необходимое положение электрода, навернув тыльный колпачок до отказа. В горелках с уменьшенной высотой головки цангу с электродом зажимают поворотом сопла. Керамические сопла крепятся к головке горелки на резьбе или с помощью внешней разжимной цанги (например, у горелки ЭЗР-5)

Технические характеристики сварочных горелок

Обозначение	Охлаждение	Номинальный сварочный ток, А	Диаметр W-электрода, мм	Обозначение	Охлаждение	Номинальный сварочный ток, А	Диаметр W-электрода, мм
ЭЗР-5	Воздушное охлаждение	75	0,5; 1; 1,5	ГСН-3	Водяное охлаждение	70	2; 3
"Агни-22М"		100	2; 3; 4	ГСН-2		150	2; 2,5; 3
ЭЗР-3		150	1,5; 2; 3	ГР-4		200	1; 1,2; 1,6
"Агни-18М"		160	2; 3; 4	"Агни-15"		220	2; 3
"Агни-16М"		180	2; 3; 4	"Агни-15У"		220	2; 3
"Агни-03/04"		180	2; 3	"Агни-07М"		315	3; 4; 5
"Агни-03/07М"		180	2; 3; 4	"Агни-13М"		315	3; 4; 5
"Агни-03М"		200	2; 3; 4	"Агни-17М"		315	3; 4; 5
"Агни-12М"		200	2; 3; 4	ГР-6		400	3; 4; 5; 6
"Агни-14"		200	2; 3	ГСН-1		450	3; 4; 5
ГДС-80Е		80	0.6; 1; 1,5; 2	ГР-10		500	5; 6; 8; 10
ГДС-200		200	1; 2; 3; 4	ГДС-500В		500	4; 5; 6

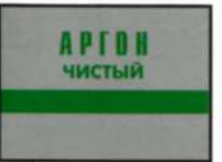
ГАЗОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

БАЛЛОН



Состоит из стального бесшовного цилиндрического корпуса со сферическим днищем, на которое напрессован башмак. Верхняя часть баллона имеет горловину, во внутренюю резьбу которой ввернут вентиль. Наружная резьба горловины предназначена для навертывания защитного колпака.Емкость баллона 40 дм³. Газ поставляется под давлением 15 ± 0,5 МПа.

Окраска баллонов и надписей







ВЕНТИЛЬ БАЛЛОНА

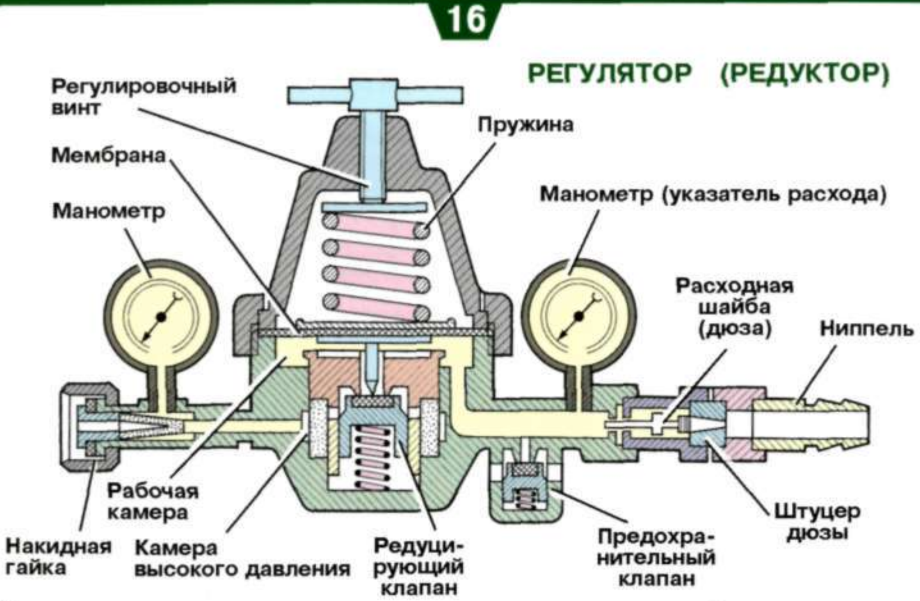
Прижимная пружина · Маховичок · Шпиндель · Муфта · Прокладка · Клапан · Заглушка · Штуцер

Рукава (шланги) - гибкие трубопроводы из вулканизированной резины, армированные льняной тканью. Служат для объединения газового оборудования в единую систему.

Технические характеристики резиновых рукавов

Диаметр внутренний	Диаметр наружный	Масса, кг/м
6,3	13,0	0,14
8,0	16,0	0,19
9,0	18,0	0,24
10,0	19,0	0,26
12,0	22,5	0,36
12,5	23,0	0,37
16,0	26,0	0,43

РЕГУЛЯТОР (РЕДУКТОР)



Предназначен для понижения давления газа, поступающего из баллона, и автоматического поддержания заданного расхода газа постоянным. Регулятор присоединяется к вентилю баллона с помощью накидной гайки с резьбой. Давление газа и его расход регулируют вращением регулировочного винта. Отбор газа происходит через ниппель, к которому присоединен шланг.

Технические характеристики регуляторов

Показатели	Марка					
	АР-10-2	АР-40-2	АР-150-2	А-30-2	А90-2	Г-70-2
Редуцируемый газ	Аргон	Аргон	Аргон	Азот	Азот	Гелий
Давление газа на входе, МПа • наибольшее • наименьшее	20 1,5	20 0,8	20 1,5	20 2,5	20 0,8	20 1,5
Наибольшая пропускная способность при наибольшем рабочем давлении (красная шкала), м³/ч	0,6	2,4	9,0	1,8	5,4	4,2
Пропускная способность (черная шкала), м³/ч	0,03-0,15	0,30-0,84	0,6-2,4	0,03-0,24	0,90-2,22	0,30-1,20
Габаритные размеры, мм	190 x 165 x 160					
Масса, кг	1,8					

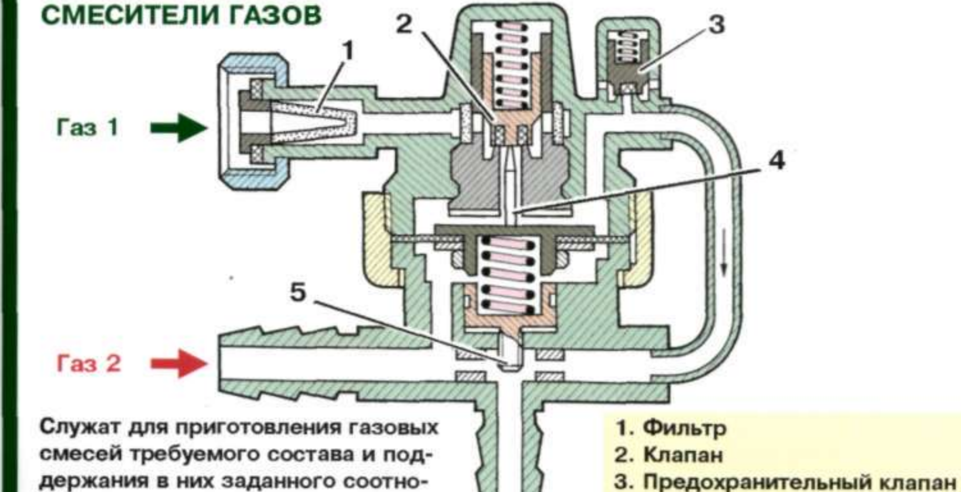
РОТАМЕТРЫ

Эти устройства определяют расход газа в л/мин, если у редуктора нет такого указателя. Ротаметр поплавкового типа представляет собой стеклянную трубку с внутренним коническим каналом. Трубка расположена вертикально, широким концом вверх. Внутри помещен поплавок, который свободно в ней перемещается. Газ подводят к нижнему концу и отводят от верхнего. При прохождении по трубке газ поднимает поплавок, пока зазор между ним и стенкой трубки не достигнет величины, при которой напор струи газа уравновесит массу поплавка. Чем больше расход газа, тем выше поднимается поплавок. Его изготовляют из эбонита, дюралюминия, коррозионностойкой стали и т.п.

Технические характеристики

Марка	Пределы измерения, л/мин	
	По аргону	По гелию
РС-3А	0,1-1,0	0,35-2,8
РС-3	2,8-14,2	7,0-44,5
РС-5	8,9-56,6	20-140

СМЕСИТЕЛИ ГАЗОВ



Служат для приготовления газовых смесей требуемого состава и поддержания в них заданного соотношения газов

1. Фильтр
2. Клапан
3. Предохранительный клапан
4. Мембрана
5. Узел смешения

Технические характеристики смесителей газов

Марка	Число компонентов	Габариты, мм	Масса, кг
УКП-1-71	2	165x84x460	1,65
УГС-1	2	150x100x145	1,5
УГС-1 многопостовой	3	940x330x140	36

ГАЗОВАЯ ЗАЩИТА

Надежная защита зоны сварки - основное условие получения шва высокого качества. При дуговой сварке W-электродом чаще всего применяют местную газовую защиту - потоком газа из горелки

Истечение газов из сопла горелки носит турбулентный характер.

Лишь только внутренняя часть газовой струи состоит из чистого защитного газа - ядра.

Длина его в 1,5-4 раза больше диаметра сопла. В периферийной же части потока защитный газ смешивается с окружающим воздухом, а скорость в любом сечении по длине потока газовой струи изменяется от первоначальной на срезе сопла до нулевой на внешней границе струи.

Защита надежна только в пределах ядра потока. Расстояние между торцом сопла горелки и свариваемой деталью должно составлять 7-15 мм. Наклон горелки углом вперед улучшает защиту зоны сварки, но при больших углах наклона горелки и повышенных скоростях истечения защитного газа возникает подсос воздуха в зону сварки.

Истечение газа по всему сечению сопла должно быть равномерным. Для этого внутри горелки устанавливаются газовые линзы, которые поддерживают ламинарный поток.

При ветре или сквозняке эффективность защиты определяется жесткостью струи газа и ее размером. Жесткость струи зависит от рода газа и растет с увеличением скорости его истечения. Поэтому при увеличении диаметра сопла необходимо одновременно повышать расход газа.

Для улучшения защиты при сварке на ветру и на повышенных скоростях рекомендуется увеличить расход газа и диаметр сопла, а также приблизить горелку к детали. Для ограждения от ветра зону сварки закрывают малогабаритными экранами, укрепленными на детали, или переносными укрытиями.

Схема газового потока

Диаметр сопла

Ядро

Периферийная зона

H

L

H - длина ядра потока

L - расстояние от сопла

Влияние газовой линзы

Ламинарный поток



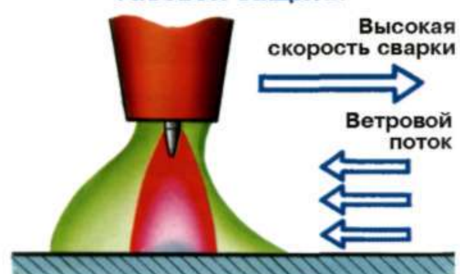
с газовой линзой

Турбулентный поток



без газовой линзы

Причины нарушения газовой защиты



ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА

Род и полярность тока. Большинство сталей и металлов сваривают на постоянном токе прямой полярности. Сварку алюминия, магния и бериллия ведут на переменном токе.

Сварочный ток определяется диаметром W-электрода, его маркой и материалом свариваемого изделия. Величина тока зависит не только от диаметра электрода и марки стали, но и от рода и полярности тока.

Напряжение на дуге зависит от ее длины. Рекомендуется вести сварку на минимально короткой дуге, что соответствует пониженным напряжениям на ней. При повышенных напряжениях увеличивается ширина шва, уменьшается глубина проплавления и ухудшается защита зоны сварки. Оптимальная длина дуги составляет 1,5-3 мм, что соответствует напряжению на дуге 11-14 В.

Скорость сварки определяют на глаз в зависимости от размеров и формы получаемого шва.

Расход защитного газа выбирают таким, чтобы сохранялся ламинарный поток струи газа, надежно защищающий сварочную ванну.

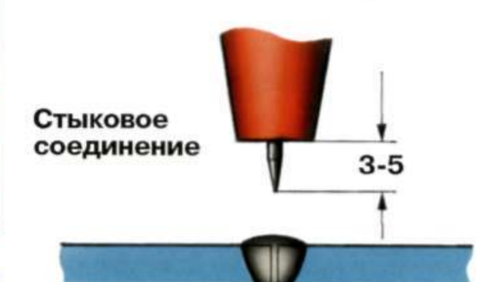
Выбор величины сварочного тока (А)

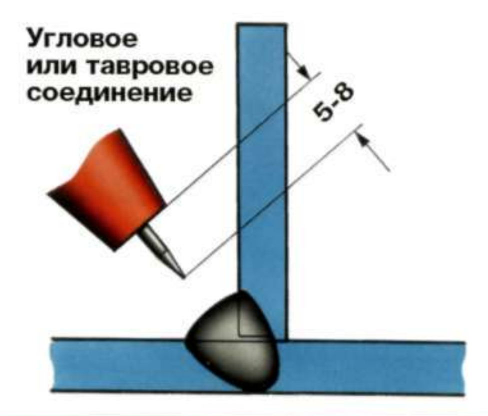
Диаметр электрода, мм	Переменный	Постоянный прямой полярности	Постоянный обратной полярности
1-2	20-100	65-160	10-30
3	100-160	140-180	20-40
4	140-220	250-340	30-50
5	200-280	300-400	40-80
6	250-300	350-450	60-100

Выбор электрода

Металл	Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм
Цветные	1	1,5
	2	2
	4	3
	5-6	4
	7 и более	5
Углеродистые, конструкционные и нержавеющие стали, жаропрочные сплавы	0,5	1
	1	1,5
	2	2
	3	3
	4	4
	5 и более	6

Расстояние между концом электрода и торцом сопла горелки - выпуск электрода - при сварке стыковых соединений должен составлять 3-5 мм, а угловых и тавровых 5-8 мм.





СПОСОБЫ ЗАЖИГАНИЯ ДУГИ

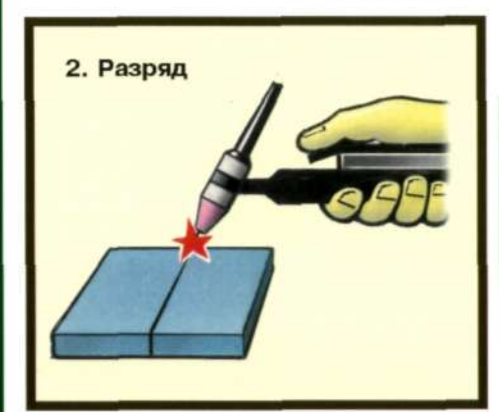
Бесконтактный



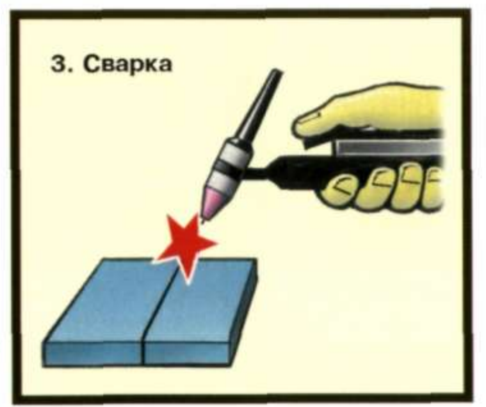
СУЩЕСТВУЮТ 2 СПОСОБА ЗАЖИГАНИЯ ДУГИ:

БЕСКОНТАКТНЫЙ (ДУГА ЗАЖИГАЕТСЯ ПРИ ПОМОЩИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО И ВЫСОКОВОЛЬТНОГО РАЗРЯДА, СОЗДАВАЕМОГО ОСЦИЛЛЯТОРОМ)

КОНТАКТНЫЙ (ДУГА МЕЖДУ ЭЛЕКТРОДОМ И ИЗДЕЛИЕМ ВОЗНИКАЕТ В РЕЗУЛЬТАТЕ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ЭЛЕКТРОДА НА ИЗДЕЛИЕ)



Бесконтактный способ зажигания дуги используется на металлоконструкциях, когда недопустим поверхностный ожог, например, при сварке высоколегированных коррозионностойких сталей и сплавов.





Контактный



Контактный способ используют при сварке малоответственных конструкций, когда возможен ожог поверхности дуговым разрядом. Зажигать дугу контактным способом следует при сварочном токе, уменьшенном до 7-10 А. При сварке ответственных металлоконструкций контактное зажигание дуги и выход на режим сварки следует выполнять на угольной или медной пластине



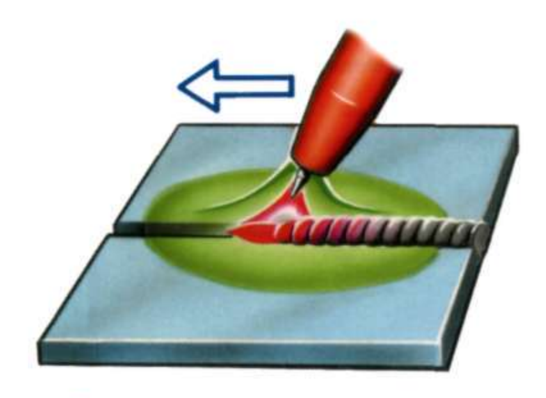






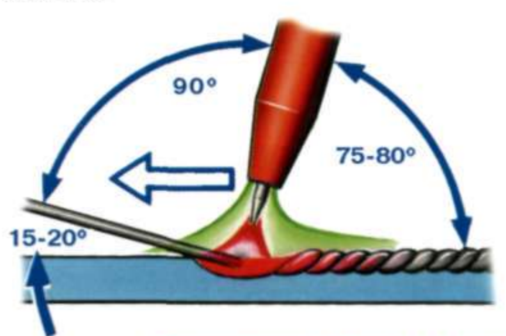
ДВИЖЕНИЯ ГОРЕЛКОЙ

Совершают только одно движение - вдоль оси шва. Отсутствие поперечных колебаний приводит к тому, что шов получается более узкий, чем при сварке покрытыми электродами. Чтобы металл шва не насыщался кислородом или азотом воздуха, надо следить, чтобы конец присадочной проволоки и W-электрод постоянно находились в зоне защитного газа. Во избежание разбрызгивания металла конец проволоки подают в сварочную ванну плавно. О степени проплавления судят по форме ванны расплавленного металла. Хорошему проплавлению соответствует ванна, вытянутая в сторону направления сварки, а плохому - круглая или овальная



 - хорошее проплавление

 - недостаточное проплавление



Сварку обычно выполняют справа налево. При сварке без присадочного материала электрод располагают перпендикулярно к поверхности свариваемого металла, а с присадочным материалом - под углом. Присадочный пруток перемещают впереди горелки без поперечных колебаний

ДВИЖЕНИЯ ПРИСАДОЧНОЙ ПРОВОЛОКОЙ

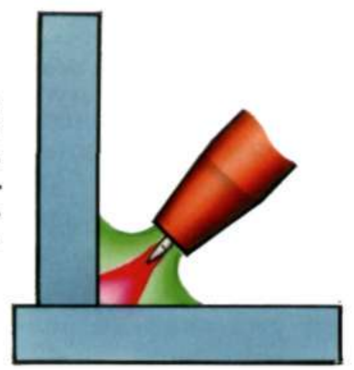
При наплавке валиков горизонтальных швов в нижнем положении присадочной проволоке придают два направления движения: вниз и поступательно вдоль свариваемых кромок. Это надо делать так, чтобы металл равными порциями поступал в сварочную ванну. Окончание сварки и заваривание кратера выполняют, уменьшая величину тока реостатом, включенным последовательно в сварочную цепь.



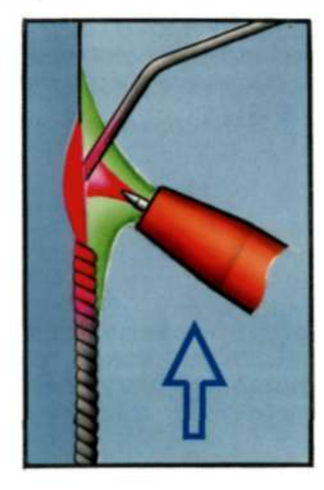
Не рекомендуется прекращать сварку удлинением дуги, отводя горелку. Это ухудшает газовую защиту шва. Подачу газа выключают через 5-10 с после обрыва дуги

СВАРКА ТАВРОВЫХ, УГЛОВЫХ И НАХЛЕСТОЧНЫХ ШВОВ

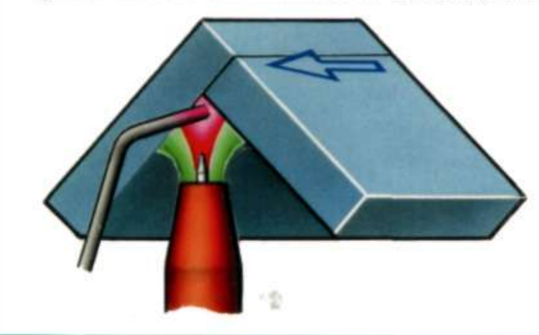
Горизонтальные швы выполняют справа налево "от себя" и "на себя". Слева направо вести сварку неудобно. W-электрод направляют точно в угол. Присадочную проволоку подают впереди горелки, колебательных движений горелкой и проволокой не совершают

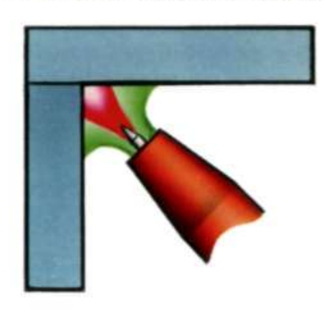


При сварке вертикальных швов электрод направляют точно в угол под наклоном к вертикальной плоскости. Присадочную проволоку подают сверху



Сварку потолочных швов ведут "на себя". Горелку держат почти вертикально. Присадочную проволоку располагают впереди горелки. Расплавленный металл удерживается давлением дуги, поверхностным натяжением металла и электромагнитными силами





СВАРКА СТЫКОВЫХ ШВОВ В ПОТОЛОЧНОМ ПОЛОЖЕНИИ

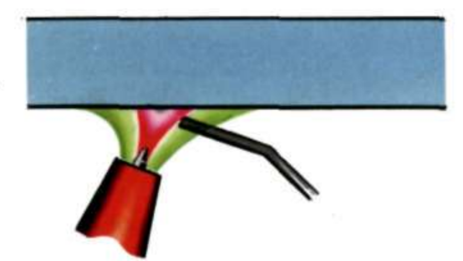
1

Горелку подносят к поверхности металла, зажигают дугу, а затем устанавливают горелку под углом к свариваемой детали



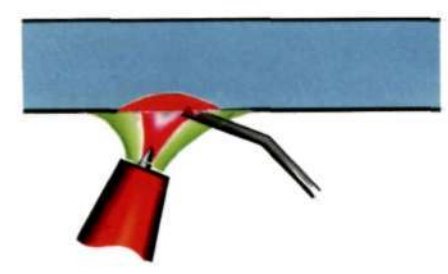
2

В зону горения дуги подают присадочную проволоку, но не расплавляют ее, пока не образуется сварочная ванна расплавленного металла



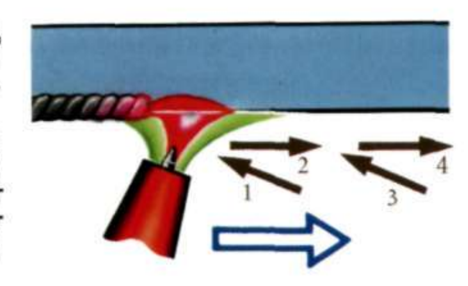
3

После образования сварочной ванны вводят конец присадочной проволоки в зону плавления



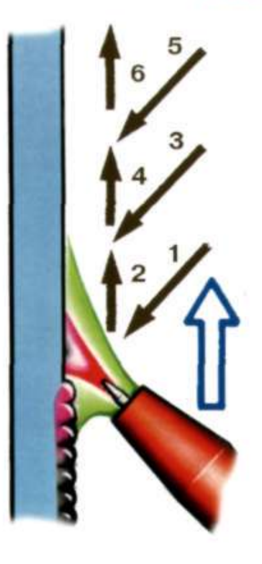
4

Расплавляют конец проволоки так, чтобы под давлением сварочной дуги расплавленный металл попадал в сварочную ванну.
По мере плавления присадочной проволоки формируют сварной шов, для чего горелку перемещают вдоль соединения и снова подают присадочную проволоку в зону плавления



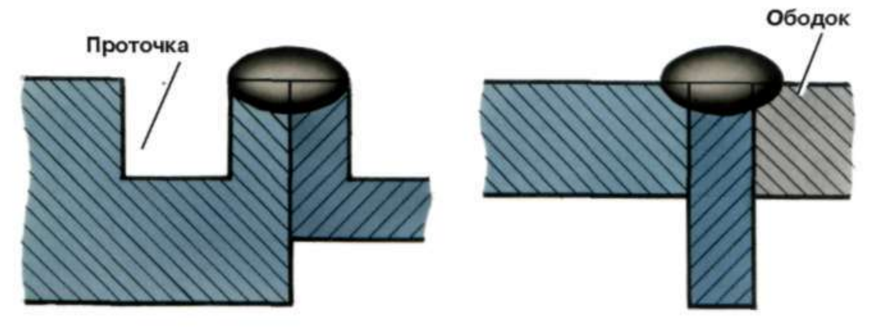
Поперечных движений горелкой не совершают. Сварку лучше вести "на себя", так как при этом хорошо обозревается ванна

СВАРКА СТЫКОВЫХ ШВОВ В ВЕРТИКАЛЬНОМ ПОЛОЖЕНИИ



Без присадочной проволоки сваривают корневые швы толстых листов металла с разделкой кромок. Металла кромок достаточно для формирования шва. Стыковые соединения листов тонкого металла сваривают с присадочной проволокой, так как металла для формирования шва не хватает. Горелку располагают под углом к свариваемому изделию и перемещают ее поступательно без поперечных колебаний, а присадочную проволоку подают по траектории 1-6

СПОСОБЫ СВАРКИ ДЕТАЛЕЙ РАЗНОЙ ТОЛЩИНЫ



По одному из способов делают проточку в более толстой детали, создавая равную толщину свариваемых элементов. Недостаток состоит в том, что трудно направить и удержать горелку над тонким слоем металла.
По другому способу устанавливают ободок со стороны тонкого металла. Сварку вести удобно, но ободок остается приваренным, что портит внешний вид детали.

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ УГЛЕРОДИСТЫХ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

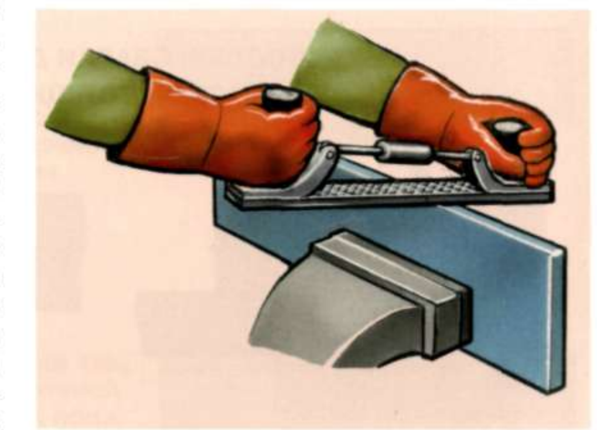
Температура плавления углеродистой стали составляет 1535°С. Наиболее часто аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом сваривают стали, используемые в теплоэнергетике

Углеродистые и низколегированные стали

Марка стали	Свариваемость	Технологические особенности сварки	
Сталь 10, Сталь 20, 15ГС	Хорошая	Присадок Св-08Г2С, Св-08ГС	Зачистка кромок до металлического блеска
12МХ, 15ХМ		Присадок Св-08НХ, Св-08ХМ	
15Г2С	Удовлет-ворительная	Присадок Св-08Г2С, Св-08ГС	
12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 12Х2М1, 12Х2МФСР, 12Х2МФБ		Присадок Св-08ХМФА, Св-08ХГСМФА	

ТРУДНОСТИ ПРИ СВАРКЕ. Основная - трудно избежать образования пор из-за недостаточного раскисления основного металла. Средством борьбы с порообразованием служит снижение доли основного металла в наплавленном металле шва

Подготовка к сварке. Для разделки сталей, а также подготовки кромок используют газовую, плазменную или воздушно-дуговую резку. После нее участки нагрева металла зачищают резцовым или абразивным инструментом до удаления следов термообработки. Непосредственно перед сборкой стыка кромки зачищают на ширину 20 мм до металлического блеска и обезжиривают. Стыки собирают в сборочных кондукторах либо с помощью прихваток, которые выполняют с полным проваром и их переплавкой при наложении основного шва. Прихватки с недопустимыми дефектами следует удалять механическим способом. На потолочные участки шва прихватки накладывать не



рекомендуется, поскольку там они труднее поддаются переплавке при выполнении основного шва. На сталях 10 и 20 прихватки выполняют только с помощью присадочной проволоки. Ее поверхность должна быть чистой, без окалины, ржавчины и грязи. Очищать проволоку можно как механическим способом, так и химическим травлением в 5%-ном растворе соляной кислоты.

Высота прихваток, мм	2-3	3-4
Толщина кромок свариваемых изделий, мм	до 10	св.10

1-5 — очередность установки прихваток

А, Б — выводные планки для начала и окончания сварки

Б 2 4 1 5 200 мм 3 А

Выбор параметров режима. Сварку ведут на постоянном токе прямой полярности. Сварочный ток назначают: при однопроходной сварке - в зависимости от толщины конструкции, а при многопроходной - исходя из высоты шва. Высота шва (валика) при ручной аргонодуговой сварке должна составлять 2-2,5 мм. Ориентировочно сварочный ток выбирают из расчета 30-35 А на 1 мм диаметра вольфрамового электрода.

Напряжение на дуге должно быть минимально возможным, что соответствует сварке короткой дугой.

Скорость сварки выбирают с учетом гарантированного проплавления кромок и формирования требуемой выпуклости сварного шва.

Техника сварки. При выполнении первого (корнéвого) шва возможна сварка без присадочной проволоки, но при этом все прихватки должны быть проплавлены. Нельзя сваривать без присадочной проволоки конструкционные углеродистые стали марок 10 и 20, так как в металле шва могут появиться поры. Сварку ведут углом вперед. Присадочную проволоку подают навстречу движению горелки, причем угол между ними должен составлять 90°. Следует избегать резких движений проволокой - они приведут к разбрызгиванию присадочного металла или окислению конца проволоки.

Присадок должен всегда находиться в зоне защиты аргоном.

Корневой шов сваривают без поперечных колебаний. При наложении последующих слоев горелкой совершают колебательные движения, амплитуда которых зависит от формы разделки кромок.

Кратер шва при отсутствии системы плавного снижения сварочного тока заваривают путем введения в кратер капли присадочного металла, одновременно плавно увеличивая дугу до ее естественного обрыва. Газовую защиту убирают, отводя горелку через 10-15 с после обрыва дуги.

РЕЖИМЫ СВАРКИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Подготовка кромок и вид сварного соединения (1-6 - очередность проходов)	Размер, мм			Сварочный ток, А	Диаметр электрода, мм	Диаметр присадка, мм	Расход аргона, л/мин	Число проходов
	s	b	c					
	0,8	0,2	-	70	2	1,6	8-10	1
	1	0,5	-	80	2	1,6	8-10	1
	2	0,5	-	110	3	1,6	8-10	1
	2	0,5	-	110	3	1,6	8-10	1
	4	1	-	120	3,5	2	10-12	2
	6	1,5	-	140	4	2	10-12	2
25±2°	4	2	1	120	3,5	2	10-12	2
	6	2	1	140	4	2	10-12	4
	8	2	1	140	4	2	10-12	6
	10	2	1	140	4	2	10-12	6

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ (НЕРЖАВЕЮЩИХ) И ЖАРОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

Температура плавления стали типа 18-8 составляет 1475°С. Такие стали широко применяются в пищевой, химической, авиационно-космической, электротехнической промышленности

Высоколегированные стали

Марка	Свариваемость	Технологические особенности сварки
12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 08Х18Н10Т, 12Х17Н9Т	Хорошая	Присадок Св-01Х19Н9, Св-04Х19Н9, Св-07Х19Н10Б
ХН78ВТ, ХН75М6ТЮ	Хорошая	Присадок Св-ХН78Т
12Х17,08Х17Т, 15Х25Т	Ограниченная	Рекомендуется термообработка Присадок Св-07Х25Н13, Св-08Х14ГНТ, Св-13Х25Т
20Х13	Удовлетворительная	Подогрев и последующая термообработка. Присадок Св-12Х13, Св-20Х13, Св-06Х14
10Х14Г14Н4Г	Удовлетворительная	Подогрев и последующая термообработка. Присадок Св-04Х19Н9
08Х17Н5М3	Удовлетворительная	Необходима термообработка. Присадок Св-06Х21Н7БТ
15Х17АГ14	Удовлетворительная	Подогрев и последующая термообработка. Присадок Св-01Х18

Трудности при сварке

- Защитный газ необходимо предварительно просушить или добавить к нему 2-5% кислорода. Это обеспечит плотность шва.
- Нужно поддерживать самую короткую дугу и добиваться получения шва с низким коэффициентом формы (отношением ширины шва к его толщине). Иначе в металле шва и околошовной зоны появятся горячие (кристаллизационные) трещины.
- После сварки металл должен как можно быстрее остыть. Для этого используют медные, охлаждаемые водой, подкладки; промежуточное остывание слоев; охлаждение швов водой. Это повысит коррозионную стойкость сварного соединения

Подготовка к сварке

Кромки стыкуемых деталей из высоколегированных сталей лучше подготавливать механическим способом. Однако допускаются плазменная, электродуговая, газофлюсовая или воздушно-дуговая резка. При огневых способах резки обязательна механическая обработка кромок на глубину 2-3 мм



КОНСТРУКТИВНЫЕ РАЗМЕРЫ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Подготовка кромок и вид собранного стыка	S, мм	b, мм	C, мм	α, град.
	1-1,5 2-3	$1_{-0,5}$ $1^{+0,5}$	— —	— —
	4-5 6-7	1±0,5 1±0,5	1±0,5 1,5±0,5	45±2°
	8-10 10-12 12-16	1±0,5 1,5±0,5 2,5±0,5	1,5±0,5	30±3°

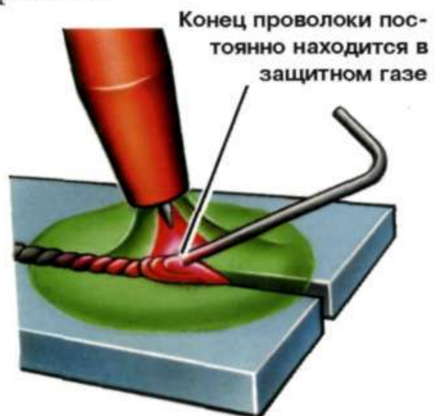
Снимать фаску для получения скоса кромки можно только механическим способом. Перед сборкой свариваемые кромки защищают от окалины и загрязнений на ширину не менее 20 мм снаружи и изнутри, после чего обезжиривают



Сборку стыков выполняют либо в инвентарных приспособлениях, либо с помощью прихваток. При этом необходимо учесть возможную усадку металла шва в процессе сварки. Ставить прихватки в местах пересечения швов нельзя. К качеству прихваток предъявляются те же требования, что и к основному сварному шву. Прихватки с недопустимыми дефектами (горячие трещины, поры и т.д.) следует удалить механическим способом.

Выбор параметров режима. Основные рекомендации те же, что при сварке углеродистых и низколегированных сталей. Главная особенность сварки высоколегированных сталей - минимизация погонной энергии, вводимой в основной металл. Это достигается соблюдением следующих условий:

- короткая сварочная дуга;
- отсутствие поперечных колебаний горелки;
- максимально допустимая скорость сварки без перерывов и повторного нагрева одного и того же участка;
- минимально возможные токовые режимы



Техника сварки. Основное правило:: поддерживать короткую дугу, поскольку при этом расплавленный металл лучше защищен газом от воздуха. При сварке в аргоне W-электродом подавать присадочную проволоку в зону горения дуги следует равномерно, чтобы не допускать брызг расплавленного металла, которые, попадая на основной металл, могут вызвать очаги коррозии.

В начале сварки горелкой подогревают кромки и присадочную проволоку. После образования сварочной ванны выполняют сварку, равномерно перемещая горелку по стыку. Необходимо следить за глубиной проплавления, отсутствием непровара. По форме расплавленного металла сварочной ванны определяют качество проплавления: хорошее (ванна вытянута по направлению сварки) или недостаточное (ванна круглая или овальная)

Короткая дуга, сварка углом вперед, «ниточные» швы - все это обеспечивает получение швов с повышенной сопротивляемостью образованию горячих трещин. Значение сварочного тока уточняют при сварке пробных стыков

Толщина свариваемого металла, мм	0,5	1	2	4
Диаметр W-электрода, мм	1	1,5	2,5	4
Расход W-электрода на 100 пог.м шва, мм	6	8	23	132





Окисленный конец проволоки удаляют кусачками или пассатижами

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Температура плавления алюминия 660°С, окисной пленки 2060°С

Классификация алюминиевых сплавов по способу их получения

- **Деформируемые, подвергаемые обработке давлением**
  - Упрочняемые термообработкой: Дюралюминий Д1; Д16. Сплавы АВ. АК, В95
  - Неупрочняемые термообработкой: Сплав с магнием АМг. Сплав с марганцем АМц
- **Литейные, в виде фасонного литья**
  - Наиболее распространены силумины (сплавы с кремнием 4-13% Si)

Марка	Свариваемость	Технологические особенности сварки
Технически чистый алюминий		
АД00, АД0, АД1 , АД	Хорошая	Присадок Св-А1, Св-А000, Св-85Т
Деформируемые, термически не упрочняемые сплавы		
АМц, АМцС, Д12	Хорошая	Присадок Св-АМц
АМг1,АМг2, АМг3		Присадок Св-АМг3
АМг4, АМг5		Присадок Св-АМг5
АМг6		Присадок Св-АМг6, Св-АМг7
Деформируемые, термически упрочняемые сплавы		
АД31, АД33, АД35 АВ, АК6, АК8	Удовлетворительная	Присадок Св-АК5, Св-1557
АК4, АК4-1	Ограниченная	
В95	Плохая	Предварительный подогрев. Термообработка после сварки при t°= 200-250°С. Присадок Св-1557, Св-АМг5, Св-АМг6
1915, 1925	Удовлетворительная	
Литейные сплавы		
АЛ1, АЛ2, АЛ9, АЛ25, АЛ26	Хорошая	Присадок той же марки, что и основной металл
АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ7, АЛ8, АЛ10В	Удовлетворительная	

Очистка кромок и присадка от окисной пленки

Марки присадочной проволоки, используемой для сварки алюминия и его сплавов

Св-А1	Св-1557	Св-А97	Св-А5с	Св-АМц
Св-АМг3	Св-АМг5	Св-АМг6	Св-АМг7	Св-АК3
Св-АК5	Св-АК10	Св-А85Т	Св-А000	Св-1201П4

Толщина металла, мм	до 1,5	1,6-3	3,1-5	5,1-10	10-15
Рекомендуемый диаметр присадка, мм	1-2,5	2,5-3	3-4	4-6	6-8

Ориентировочные расходы сварочных материалов

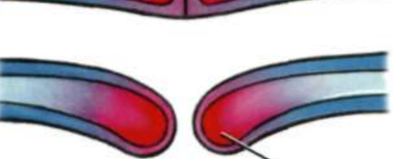
Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр электрода, мм	Расход W-электродов на 100 пог. м шва, г	Расход аргона на 1 пог. м шва, л
1	1,5	8,3	60-80
2	2	23	65-90
3	3	51	85-120
4	3,5-4	88	95-130
6	4	132	105-145

Трудности при сварке

- Температура плавления окисной пленки значительно выше, чем алюминия, и она расплавляется позже. Это затрудняет формирование шва
- Высокая теплопроводность алюминия требует увеличения сварочного тока в 1,2-1,5 раза по сравнению, например, со сваркой стали
- Образуются значительные остаточные деформации, что требует специальных мер и приспособлений
- Окисная пленка не растворяется в жидком алюминии. Это мешает формированию шва и служит причиной появления в нем металлических включений
- При нагреве алюминия и его сплавов нет явных признаков их перехода в жидкое состояние. Это требует высокой квалификации сварщика

Несплавление кромок алюминиевых конструкций





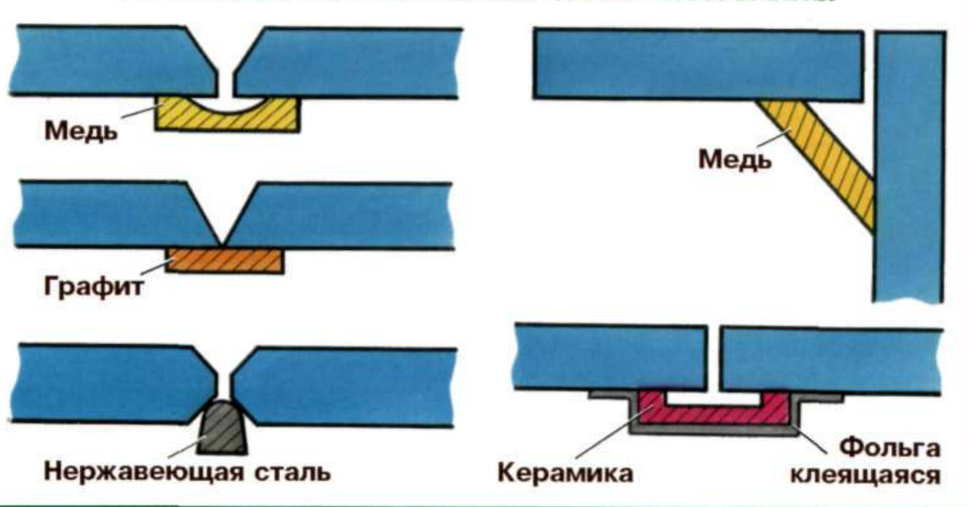
Подготовка к сварке. Резка и подготовка кромок ведутся механическим способом. На ширину 100-150 мм их обезжиривают ацетоном, авиационным бензином, уайт-спиритом или другим растворителем. Окисленную пленку удаляют механически или химическим травлением. При механической обработке свариваемые кромки на ширину 25-30 мм зачищают наждачной бумагой, шабером и металлической щеткой из нержавеющей проволоки. Зачистку проводят непосредственно перед сваркой.



Химическое травление проводят в течение 0,5-1 мин в реактиве, состоящем из 50 г едкого натра и 45 г фтористого натрия на 1 л воды. После травления следует промывка в проточной воде, а затем осветление в 30-35%-ном растворе азотной кислоты (для алюминия и сплавов типа АМц) или в 25%-ном растворе ортофосфорной кислоты (для сплавов типа АМг и В-95). После повторной промывки необходима сушка до полного испарения влаги.
Алюминиевую сварочную проволоку перед сваркой также обрабатывают. Сначала ее обезжиривают, а затем подвергают травлению в 15%-ном растворе едкого натра в течение 5-10 мин при температуре 60-70 °С. После этого промывают в холодной воде и сушат 10-30 мин при температуре 300 °С.

Подготовленные к сварке материалы сохраняют свои свойства в течение 3-4 дней. Затем на поверхности вновь образуется окисная пленка

ПОДКЛАДКИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВЫТЕКАНИЯ МЕТАЛЛА ИЗ СВАРОЧНОЙ ВАННЫ



Выбор параметров режима

Метод сварки неплавящимся электродом применяют для изделий из алюминиевых сплавов толщиной до 12 мм. При сварке металла толщиной от 1 до 6 мм применяют вольфрамовые электроды диаметром от 1 до 5 мм. Сварочный ток (А) определяют по формуле:

$$I_{св} = (60 \div 65)\ d_э,$$

где $d_э$ - диаметр электрода, мм

Питание дуги осуществляется от источника переменного тока с осциллятором, что помогает разрушить окисную пленку. Напряжение холостого хода источника должно быть повышенным. Надежность газовой защиты дуги и сварочной ванны зависит от диаметра и формы сопла горелки, расстояния сопла от поверхности свариваемого изделия.

Рекомендуется выдерживать такие соотношения:

Диаметр электрода, мм	2-3	4	5	6
Диаметр сопла, мм	10-12	12-16	14-18	16-22

Длина выступающего из сопла W-электрода (выпуск) должна составлять при сварке стыковых соединений 1-1,5 мм, а тавровых и угловых 4-8 мм.
Длину дуги поддерживают в пределах 1,5-3 мм. Скорость сварки выбирают от 8 до 12 м/ч.
Соединения с отбортовкой кромок целесообразно применять при сварке металла толщиной 0,8-2 мм.

Техника сварки

Ручной аргонодуговой сваркой W-электродом выполняют стыковые, угловые и тавровые соединения. Конструкции толщиной до 10 мм сваривают «углом вперед», а более 10 мм - «углом назад». Угол между присадочной проволокой и горелкой должен составлять 90°. Проволоку подают короткими возвратно-поступательными движениями. Поперечные колебания W-электрода недопустимы.
Изделия толщиной до 4 мм включительно сваривают за один проход на стальной подкладке. При толщине от 4 до 6 мм сварку выполняют с двух сторон, а при толщине 6-12 мм подготавливают кромки с V-образной или Х-образной разделкой.
Подачу аргона начинают за 3-5 с до возбуждения дуги, а прекращают через 5-7 с после окончания сварки.

Чтобы снизить вероятность окисления металла шва, размеры сварочной ванны нужно выдерживать минимальными.

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ РЕЖИМЫ РУЧНОЙ СВАРКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Подготовка кромок и форма шва	Размеры, мм			Сварочный ток, А	Диаметр электрода, мм	Диаметр присадка, мм	Расход аргона, л/мин	Число проходов
	S	b	c					
	2	$0^{+1,0}$	—	70-80	2	2-2,5	5-6	2
	3	$0^{+1,5}$		100-140	3	3	7-8	
	4	$0^{+2,0}$		160-190	4	3-4	7-8	
	2	$0^{+1,0}$		80-100	3	2,5-3,5	5-6	1
	3			120-140		3	7-8	
	2			80-100	2	2,5-3,5	5-6	1
	3			120-140	3	3	7-8	1
	4			160-210	4	4	7-8	2
	4		$1^{+0,5}$	150-200	6	3-4	7-8	1
	6		$1^{+1,0}$	250-300	5	4	8-9	2
	8		$1^{+1,0}$	300-350	5-6	4-5	9-10	2
	10		$1^{+1,0}$	350-400	6-7	4-5	10-12	2
	4	$1^{+1,0}$	$1^{+0,5}$	220-260	4	3-4	8-10	1
	6	$1,5^{+1,0}$	$1^{+1,0}$	260-300	4-5	4	10-12	2
	8	$2,0^{+1,0}$	$1^{+1,0}$	320-360	5-6	4	12-14	2
	10	$2,0^{+1,0}$	$1^{+1,0}$	380-420	6-7	4-5	16-18	2
	15	$2,5^{+1,0}$	$1^{+1,0}$	440-480	8	4-5	16-18	2
	10	$0^{+1,0}$	$1^{+0,5}$	350-400	6-7	4-5	10-12	4
	15	$0^{+1,5}$		380-420	7		16-18	6
	25	$0^{+1,5}$		480-550	8		18-20	6

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ РЕЖИМЫ РУЧНОЙ СВАРКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Подготовка кромок и форма шва	Размер, мм			Сварочный ток, А	Диаметр электрода, мм	Диаметр присадка, мм	Расход аргона, л/мин	Число проходов
	S	b	c					
	2	$0^{+0,5}$	—	100-120	2-3	2	5-6	2
	4	$0^{+1,0}$		170-220	4	3-4	7-8	
	6	$0^{+1,5}$		240-280	5	4	8-10	
	4	$0^{+1,0}$	0,5	170-220	4	4	8-10	2
	10	$0^{+1,5}$	$1^{+0,5}$	350-400	6-7	4-5	10-12	
	15	$0^{+2,0}$	1,5	380-420	7	4-5	16-18	
	8	$0^{+1,0}$	0,5	280-320	5-6	4	8-10	2
	10	$0^{+2,0}$	1,0	350-400	6-7	4-5	10-12	2
	15	$0^{+2,0}$	1,5	380-420	7	4-5	16-18	2
	20	$0^{+2,0}$	1,5	480-550	8	4-5	18-20	5
	2	$0^{+0,5}$	$0^{+1,0}$	100-120	2-3	2-3	5-6	2
	4	$0^{+1,0}$		150-200	4	3	8-10	
	6	$0^{+1,5}$		220-260	5	4	8-10	
	4	$0^{+1,0}$	0,5	150-200	4	3-4	8-10	2
	10	$0^{+1,5}$	$1^{+0,9}$	320-380	6-7	4-5	10-12	2
	15	$0^{+2,0}$	1,5	360-400	7	4-5	16-18	3

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВ

Температура плавления меди 1883 °С

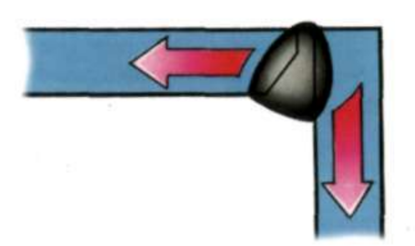
Марка	Свариваемость	Технологические особенности сварки
Медь катодная		**Присадок БрКМц 3-1 МНЖКТ-5-1-0,2-0,2 БрОЦ 4-3, БрХ 0,7 При толщине более 8-10 мм необходим предварительный подогрев до 200-300 °С**
М00к, М0к, М1к	Хорошая	
Медь раскисленная		
М1р, М2р, М3р	Хорошая	
Медь рафинированная		
М2, М3	Хорошая	
Бронзы оловянные литейные		**Присадок той же марки, что и основной металл** **При толщине более 10-15 мм необходим предварительный подогрев до 500-600 °С**
БрО3Ц12С5 БрО5Ц5С5, БрО8Ц4 БрО10Ф1, БрО10Ц2	Удовлетворительная	
БрО3Ц7С5Н1 БрО4Ц7С5 БрО10С10	Плохая	
Бронзы безоловянистые литейные		
БрА9Ж3Л	Хорошая	
БрА9Мц2Л, БрА10Ж3Мц2 БрА11Ж6Н6 БрА7Мц15Ж3Н2ц2	Удовлетворительная	
Бронзы деформируемые		
БрОФ7-0,2, БрХ1 БрКМц3-1, БрБ2	Хорошая	
БрАМц9-2 БрАЖ9-4, БрСр1	Удовлетворительная	
БрА5, БрА7	Плохая	
Латуни деформируемые		**Присадок БрОЦ4-3 БрКМц 3-1, ЛК62-0,5 ЛК80-3, ЛМц 59-0,2 При толщине более 12 мм необходим предварительный подогрев до 300-350 °С**
Л96, ЛА77-2, ЛК80-2	Хорошая	
ЛМцС58-2, ЛС3 ЛО62-1	Удовлетворительная	
ЛС59-1, ЛС60-1	Плохая	

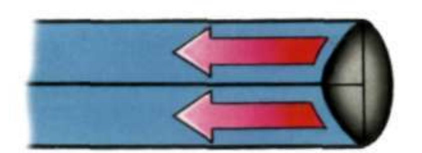
Трудности при сварке

- Высокая теплопроводность меди (в 6 раз выше, чем у железа) требует применять сварочную дугу с увеличенной тепловой мощностью и симметричным отводом тепла из зоны сварки. Рекомендуемые типы сварных соединений - стыковые и схожие с ними по характеру теплоотвода.
- Большая жидкотекучесть меди (в 2-2,5 раза выше ,чем у стали) осложняет сварку вертикальных и потолочных швов. Она возможна лишь при минимальных размерах сварочной ванны и коротком времени пребывания металла в жидком состоянии. При сварке стыковых соединений в нижнем положении с гарантированным проплавлением во избежание прожогов необходимо применять подкладки из графита, сухого асбеста, флюсовых подушек и т.п.
- Активная способность поглощать при расплавлении газы (кислород и водород), приводящая к пористости шва и горячим трещинам, требует надежной защиты металла шва и сварочных материалов от загрязнений вредными примесями.
- Из-за склонности меди к окислению с образованием тугоплавких окислов необходимо применять присадочный материал с раскислителями, главные из которых фосфор, кремний и марганец.
- Большой коэффициент линейного расширения меди (в 1,5 раза выше, чем у стали) влечет за собой значительные деформации и напряжения, образование горячих трещин. Устранить их можно за счет предварительного подогрева конструкций: из меди до 250-300 °С, из бронзы до 500-600 °С

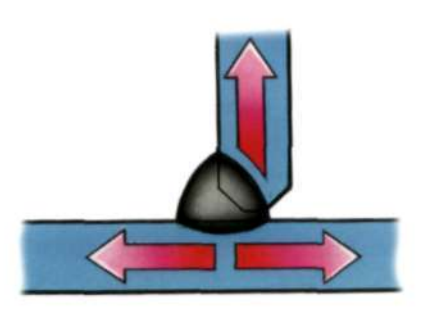
Рекомендуемые соединения

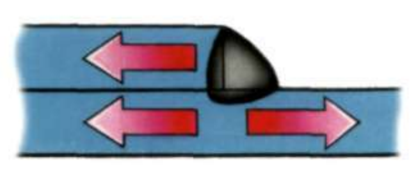






Нерекомендуемые соединения







направление теплоотвода

Подготовка к сварке

Медь или ее сплавы разрезают на мерные заготовки шлифовальной машиной, труборезами, на токарных и фрезерных станках, а также плазменно-дуговой резкой. Кромки под сварку подготавливают механическими способами. Свариваемые детали и присадочную проволоку очищают от окислов и загрязнений до металлического блеска и обезжиривают. Кромки обрабатывают мелкой наждачной бумагой, металлическими щетками и т.д. Использовать абразивы с крупным зерном не рекомендуется. Возможно травление кромок и проволоки в растворе кислот:

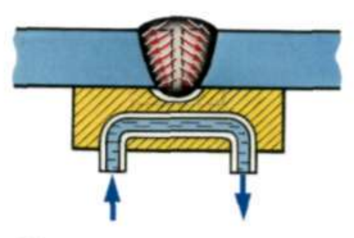
75 см^3 на 1 л воды азотной;
100 см^3 на 1 л воды серной;
1 см^3 на 1 л воды соляной

с последующей промывкой в воде и щелочи и сушкой горячим воздухом. Конструкции с толщиной стенки 10-15 мм предварительно подогревают газовым пламенем, рассредоточенной дугой и другими способами. Сборку стыков деталей под сварку ведут либо в приспособлениях, либо с помощью прихваток. Зазор между стыкуемыми заготовками соблюдают одинаковым на всем протяжении. Прихватки должны быть минимального сечения, чтобы в процессе сварки их можно было переплавить. Поверхность прихваток необходимо очистить и убедиться в отсутствии поверхностных горячих трещин.

Если сварка ведется в нижнем положении, то для улучшения теплоотвода используют специальные приспособления из графита или меди

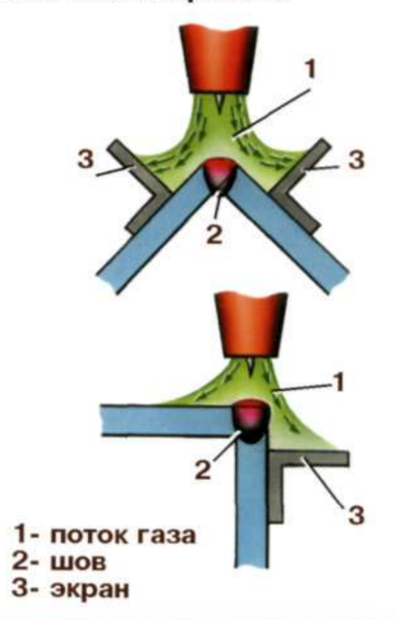


Графитовая подкладка



Медная водоохлаждающая подкладка

При сварке на открытом воздухе стык обустраивают съемными экранами



1- поток газа
2- шов
3- экран

Выбор параметров режима

Сварку ведут на постоянном токе прямой полярности. Сварочный ток (А) ориентировочно определяют по формуле:

$$I_{св}=100 \times S,$$

где S - толщина металла, мм.

Защитными газами могут быть аргон, гелий, азот и их смеси. Длина дуги в аргоне и гелии должна быть не более 3 мм. В азоте ее увеличивают до 12 мм. Поэтому возрастают напряжение на дуге и ее мощность (в 3-4 раза) по сравнению со сваркой в аргоне. В гелии же мощность дуги по сравнению со сваркой в аргоне повышается вдвое.

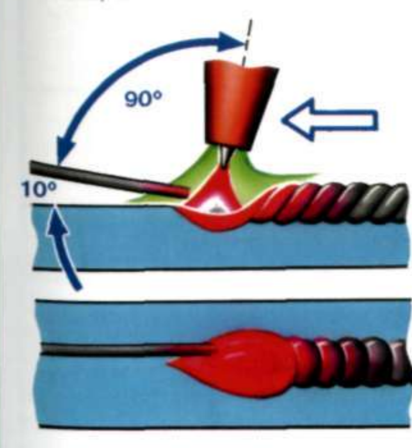
Расход защитного газа:
- аргон - 8-10 л/мин
- гелий - 10-20 л/мин
- азот - 15-20 л/мин

Скорость сварки выбирают из условий формирования шва с нужной геометрией. Конструкции толщиной 4-6 мм сваривают без предварительного подогрева в аргоне, а до 6-8 мм - в гелии и азоте. Для сварки металла большей толщины требуется предварительный подогрев от 200 до 300 °С.

Техника сварки

Сварку в аргоне ведут"углом вперед"при выпуске электрода 5-7мм. В качестве присадочной проволоки используют:
- раскисленную медь
- медно-никелевый сплав МНЖКТ-5-1-0,2-0,2
- бронзы БрКМц 3-1, Бр ОЦ 4-3
- специальные сплавы с эффективными раскислителями.

Для повышения стойкости металла шва против горячих трещин применяют сварочные проволоки:
- Бр АЖНМн 8,5-4-5-1,5
- Бр Мц АЖН 12-8-3-3
- М Мц 40



Чтобы расплавленный металл не попал на конец W-электрода, присадочную проволоку вводят не в столб дуги, а подают к краю сварочной ванны и несколько сбоку

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ РЕЖИМЫ СВАРКИ МЕДИ В АРГОНЕ

Вид разделки кромок	Толщина металла, мм	Сварочный ток, А	Диаметр электрода, мм	Диаметр присадка, мм	Расход аргона, л/мин	Число проходов без подварочного шва
1,5	1,2	120-130	2,5-3	1,6	7-8	1
	1,5	140-150	2,5-3	2	7-8	
	2,5	220-230	3,5-4	3	8-9	
	3	230-240	3,5-4	3	8-9	
70-90°; 1,5-2; 1,5	10	1-й проход 200-350	4-4,5	3	7-8	3
		2-й проход 200-350		5	7	
		3-й проход 200-400		6	7	
		Подварочный шов 250-350		3	7	
	12	1-й проход 250-350		3	8-10	4
		2-й проход 250-400		5		
		3-й проход 300-450		6		
		4-й проход 300-450		6		
		Подварочный шов 250-350		3		
70-90°; 1,5; 1,5-2	20	1 и 2-й проходы 250-400	5-5,5	3	10-12	6
		3 и 4-й проходы 250-450		5		
		5 и 6-й проходы 300-550		6		
		Подварочный шов 250-350		3		
	25	1 и 2-й проходы 250-400		3	12-14	8
		3 и 4-й проходы 300-450		5		
		5 и 6-й проходы 300-550		6		
		7 и 8-й проходы 350-600		6		
		Подварочный шов 250-350		3		

Сварка в азоте, который по отношению к меди является инертным газом, ведется угольным или графитовым стержнем. Использовать W-электроды нецелесообразно, так как их расход в азоте слишком велик. Азотнодуговую сварку угольным электродом ведут на постоянном токе прямой полярности при напряжении дуги 22-30 В. При токе 150-500 А диаметр электрода должен быть 6-8 мм. Расход азота - 3-10 л/мин

БРОНЗЫ

Бронзы - это сплавы меди с алюминием. Пример обозначения: бронза БрАЖМц 10-3-1,5 содержит 10% алюминия, 3% железа и 1,5% марганца. В конце обозначения некоторых марок ставится буква «Л» (литейная).

Трудности при сварке. Основная - повышенная жидкотекучесть бронз из-за присутствия в них окиси алюминия. Поэтому способы и технологии их сварки - те же, что для алюминия, а режимы - такие же, как для медных сплавов.

Режимы аргонодуговой сварки бронзы БрОЦС-4-4-2,5

Толщина металла, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Расход аргона, л/мин
1,5	120-130	20-22	28-30	6 - 8
2	150-160	18-20	24-26	8 - 10
2,5	180-200	16-18	20-22	10 - 12

ЛАТУНИ

Латуни - сплавы меди с цинком. Для улучшения свойств в них добаляют Al, Mn, Ni, Fe, Sn, Si и др. Такие латуни называют «специальными». Обозначают буквой «Л», справа от которой ставят буквенное обозначение специально вводимых элементов (кроме цинка), затем процент меди и процент специально вводимых элементов в той же последовательности, в какой указаны сами элементы. В маркировке их обозначают русскими буквами:

А - алюминий
Б - бериллий
О - олово
С - свинец
Ж - железо
Н - никель
Мц - марганец
К - кремний
Мг - магний
Х - хром
Ц - цинк

Примеры
ЛТ96 (томпак) - медно-цинковая латунь (96% меди и 4% цинка)
Л68 - медно-цинковая латунь (68% цинка и 32% цинка)
ЛАЖМц70-6-3-1 - специальная латунь (70% меди, 6% алюминия, 3% железа, 1% марганца, 20% цинка)

Трудности при сварке. В процессе сварки сильно испаряется цинк - при температуре 907 °С, которая близка к температуре плавления латуни 910 °С. При этом ухудшаются механические свойства сварного соединения. Чтобы снизить выгорание цинка, используют сварку на пониженной мощности дуги и присадочную проволоку с кремнием, который создает на поверхности сварочной ванны защитную окисную пленку SiO_2, препятствующую испарению цинка.

Режимы аргонодуговой сварки латуни

Толщина металла, мм	Диаметр, мм		Сварочный ток, А	Расход аргона, л/мин
	электрода	присадка		
1,5	2,5-3	1,6	120-140	8-9
2,5	2,5-3	2	190-210	9-10
3	3,5-4	3	210-220	11-12

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ТИТАНА И ЕГО СПЛАВОВ

Температура плавления титана 1668 °С. Имеется около 20 сплавов

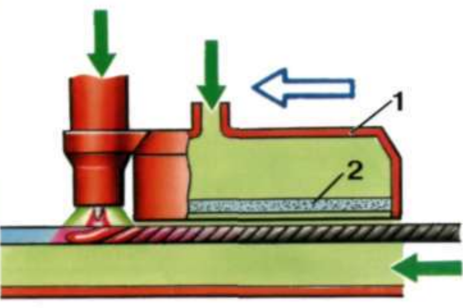
Марка	Свариваемость	Технологические особенности сварки
ВТ1-00, ВТ1-0 ОТ4-0, ОТ4-1	Хорошая	Зачистка кромок Режим с минимальной погонной энергией
ОТ4, ВТ5, ВТ5-1	Удовлетворительная	
ВТ6, ВТ3-1, ВТ9 ВТ14, ВТ16, ВТ20	Ограниченная	Мягкий режим с малыми скоростями охлаждения
ВТ22		Последующая термообработка
ПТ-7М, ПТ-3В, ПТ-1М	Хорошая	Режим с высокой скоростью охлаждения

Трудности при сварке

- Высокая химическая активность металла при высокой температуре, особенно в расплавленном состоянии. Поэтому необходима надежная защита от воздуха не только сварочной ванны, но и остывающих участков шва и околошовной зоны, пока их температура не снизится до 250-300 °С. Требуется защита и обратной стороны шва даже в том случае, если металл не расплавлялся, а только нагревался выше этой температуры.
- Склонность титановых сплавов к росту зерна металла в нагретых до высоких температур участках. Это затрудняет выбор режима сварки - такого, при котором нагрев околошовной зоны был бы минимальным.
- Высокая температура плавления титана требует применять концентрированные источники нагрева. Низкая теплопроводность титана приводит к снижению эффективности источника нагрева по сравнению со сваркой сталей.
- Поры и холодные трещины сварных соединений титана возникают из-за вредных газовых примесей и водорода. Поэтому необходимо обеспечить чистоту основного металла и сварочных материалов, в том числе присадочной проволоки.
- Вблизи точки плавления поверхностное натяжение титана в 1,5 раза выше, чем алюминия, что позволяет формировать корень шва на весу. Однако расплавленный металл обладает низкой вязкостью, и при некачественной сборке деталей могут образоваться прожоги.

ГАЗОВАЯ ЗАЩИТА СВАРОЧНОЙ ВАННЫ

Существуют три варианта защиты: струйная с использованием специальных приспособлений, местная в герметичных камерах малого объема и общая в камерах с контролируемой атмосферой (ВКС-1, ВУАС-1, УСБ-1)

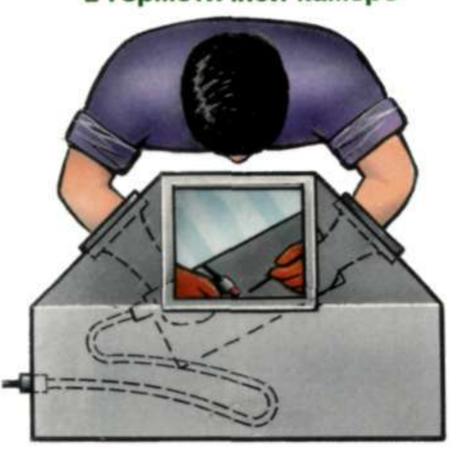


1- дополнительная насадка
2- газовая линза

При аргонодуговой сварке титана W-электродом следует применять сварочные горелки с возможно большим газовым соплом, создающим обширную зону защиты. Поток аргона через сопло должен быть ламинарным, что достигается газовыми линзами, установленными внутри сопла. Расход газа в зависимости от режима сварки колеблется от 8 до 20 л/мин. Если сопло горелки не гарантирует надежной защиты, то его дополняют специальной насадкой, коробом или другим приспособлением.

Дополнительные защитные устройства изготавливают из нержавеющей стали. Внутри имеются рассекатели и газовые линзы. Насадка, прикрепляемая к газовой горелке для защиты кристаллизующейся сварочной ванны, должна иметь ширину 40-50 мм и длину от 60-120 мм в зависимости от режима сварки. Для сварки трубчатых конструкций, кольцевых поворотных и неповоротных стыков применяют местные или малогабаритные защитные камеры.

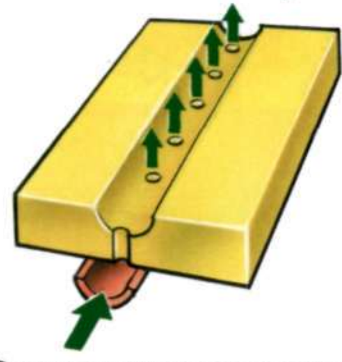
Сварка в герметичной камере



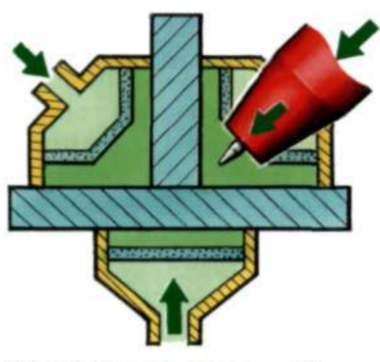
Качество защиты определяют по внешнему виду металла шва. Серебристая или соломенного цвета поверхность шва свидетельствует о хорошей защите. Желто-голубой цвет указывает на нарушение защиты, хотя в отдельных случаях такие швы считаются допустимыми. Темно-синий или синевато-серый цвет с пятнами серого налета характеризует низкое качество шва.

ГАЗОВАЯ ЗАЩИТА НАГРЕТЫХ УЧАСТКОВ

- поток защитного газа



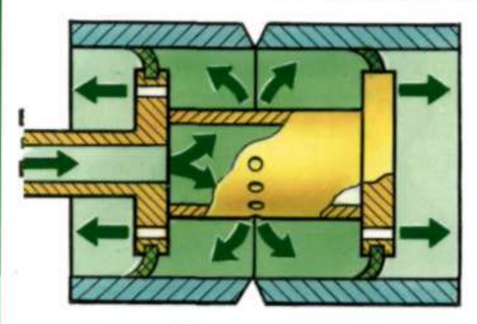




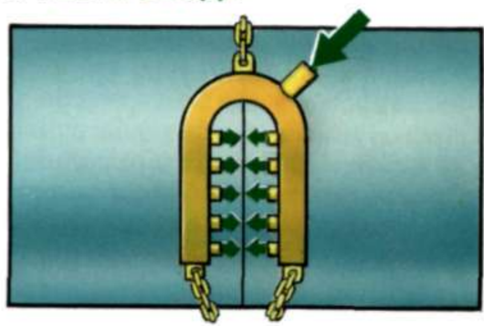
Специальная подкладка для защиты корня шва, нагретого до 250-300 °С

Защитные приспособления из нержавеющей стали для тавровых и угловых соединений

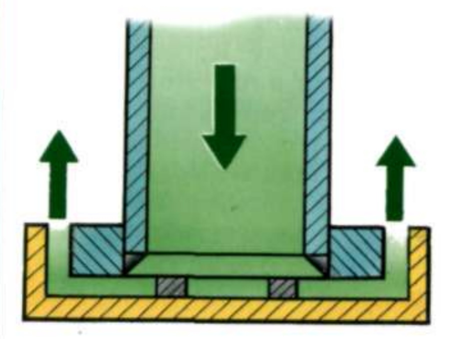
ЗАЩИТА ШВА ТРУБОПРОВОДА



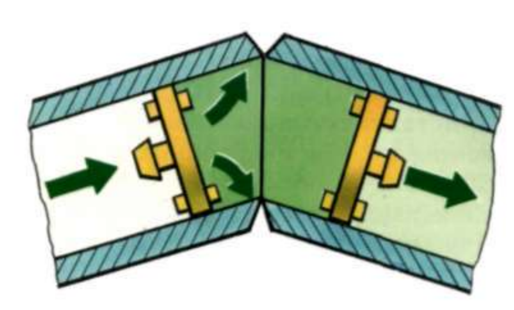
Изнутри



Снаружи



Защита при приварке фланца



Защита при сварке секционных отводов

Подготовка к сварке

Резку титана и подготовку кромок под сварку выполняют механическим способом. Для толстостенных изделий пригодны и газотермические способы, но с обязательной последующей механической обработкой кромок на глубину не менее 3-5 мм и на ширину 15-20 мм. После этого кромки зачищают металлическими щетками, шабером и т.п. и обезжиривают.
Конструкции, которые перед сваркой испытывали нагрев - при вальцовке, ковке, штамповке и т.д. - должны быть подвергнуты дробеструйной или гидропескоструйной очистке и затем химической обработке: рыхлению оксидной пленки, травлению и осветлению.

Режим химической обработки титана и его сплавов

Раствор		Длительность обработки, мин
Назначение	Состав	
Рыхление оксидной пленки	Нитрит натрия 150-200 г/л Углекислый натрий 500-700 г/л	120
Травление	Плавиковая кислота 220-300 мл/л Азотная кислота 480-550 мл/л	60-1200
Осветление	Азотная кислота 600-750 мл/л Плавиковая кислота 85-100 мл/л	3-10

После этого свариваемые кромки промывают бензином на ширину 20 мм и протирают этиловым спиртом или ацетоном.
Сварочную проволоку предварительно подвергают вакуумному отжигу и обезжиривают ацетоном или спиртом. Окисленную часть удаляют кусачками. Поверхности, подготовленные к сварке, нельзя трогать незащищенными руками.

Выбор параметров режима

Сварку титана и его сплавов рекомендуется вести в отдельном помещении. Температура воздуха в нем должна быть не ниже + 15 °С, а скорость его движения - не более 0,5 м/с.
Сварку выполняют на постоянном токе прямой полярности непрерывно горящей или импульсной дугой. Используют аргон высшего сорта и гелий высокой чистоты.
Сварочный ток выбирают в зависимости от толщины свариваемого изделия и диаметра W-электрода.

Техника сварки

Основное пространственное положение шва - нижнее. Ручную сварку ведут без колебательных движений горелкой, короткой дугой,"углом вперед". Проволоку подают непрерывно, угол между ней и горелкой поддерживают около 90°.
Как правило, в качестве присадка используют проволоку того же химического состава, что и основной металл (ВТ1-ООсв, ВТ20-1св и т.д.). Для большинства сплавов годится проволока марок СПТ-2 и СП-15.

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ РЕЖИМЫ СВАРКИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Вид разделки кромок	Толщина металла, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Диаметр присадка, мм	Число проходов
0	1	40-60	10-14	1,2-1,5	1
	2	70-90		1,5-2	
70-90°; 0; 1,5-2	3	120-130	10-15	1,5-2	2
	4	130-140	11-15	1,5-2	2
	5	140-160	11-15	2-2,5	2-3
	10	160-200	11-15	2-2,5	8-12
30°; R5; 0; 8; 1,5-2	12	180-210	12-16		12-16
	16	200-230	13-16	2,5-3	16-20
	20	230-280	13-16		24-26
60-70°; 1,5-2; 0,18	Более 20	230-280	13-16	2,5-3	Более 24

При толщине металла до 2,5 мм его сваривают за один проход без разделки кромок. При больших толщинах выполняют многослойные швы с разделкой кромок и обязательным использованием присадка. По окончании сварки или при случайном обрыве дуги аргон подают до тех пор, пока металл не остынет до 250-300 °С.

Конструкции из титана и его сплавов толщиной 0,5-2,0 мм сваривают ручной импульсно-дуговой сваркой. Эффективность ее очевидна при различных пространственных положениях шва и для тех сплавов, где требуется минимальный нагрев околошовной зоны.

От размера свариваемых деталей зависит вариант защиты инертным газом.

СОДЕРЖАНИЕ